



Universidad
Carlos III de Madrid

Grado en ingeniería electrónica industrial y automática

Departamento de Sistemas y Automática

TRABAJO FIN DE GRADO

DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA DIDÁCTICA PARA LA EDUCACIÓN INFANTIL

Autor: Nuria de Benito Jiménez

Tutor: Alberto Jardón Huete

Director: Félix Rodríguez Cañadillas

“La robótica no se trata de reemplazar a los humanos, sino de aprender sobre nosotros mismos”

Henrik Scharfe.

Agradecimientos

En primer lugar quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la escuela politécnica superior de la Universidad Carlos III y a su plantilla docente del Grado de Ingeniería Electrónica Industrial y Automática, por brindarme los medios y conocimientos necesarios para acceder a una formación académica que me permitirá desempeñarme profesionalmente en el futuro. De igual manera agradecerles a Alberto Jardón Huete, mi tutor y sobre todo a Félix Rodríguez Cañadillas, director del proyecto, por el tiempo y esfuerzo que han invertido en ayudarme.

También quiero agradecer a mi familia, amigos y a todos aquellos que me han acompañado durante estos últimos cuatro años, que me han apoyado y animado en los momentos difíciles y han estado ahí cuando más se les necesitaba.

Por último quiero dar las gracias a mi madre, por su cariño, paciencia y apoyo incondicional en todo momento y por haber confiado en mí y no haber dudado nunca de mis posibilidades.

A todos, muchísimas gracias.

Resumen

Debido a importancia de la robótica en la sociedad y a los grandes avances en la tecnología, la robótica educativa está en auge y poco a poco se está convirtiendo en una herramienta de aprendizaje indispensable en los centros escolares.

Existen gran variedad de herramientas educativas para ayudar a los niños desde edades tempranas a desarrollar sus habilidades cognitivas, pero muchas de estas herramientas no son accesibles a los niños con discapacidad debido a sus limitaciones.

En este proyecto se pretende construir una plataforma educativa para niños de educación infantil que mediante algunas modificaciones pueda ser utilizada por niños con discapacidad. Esta plataforma debe ser además de bajo coste para facilitar su adquisición y flexible para permitir cambios y modificaciones futuras.

En primer lugar se realiza un estudio de la robótica educativa y de las características que debe tener una herramienta educativa para considerarse una plataforma adaptada.

Posteriormente se realiza un estudio de las herramientas educativas que existen en el mercado, para saber cuál sería la más adecuada.

Por último se construye y se explica paso a paso un pequeño robot educativo de software libre y hardware abierto que permite a los alumnos aprender por ensayo y error a programar sencillas tareas y conseguir que el robot realice trayectorias sobre una alfombra temática. A esta herramienta se le realizan unas adaptaciones para que pueda ser utilizado por niños con discapacidad visual.

Palabras clave: Robótica educativa, educación infantil, herramienta educativa adaptada, niños discapacitados.

Abstract

Due to importance of robotics in the human society and the great advances in technology, educational robotics is booming and is gradually becoming a vital learning tool in schools.

There are a variety of educational tools to help children develop, at an early age, their cognitive abilities, but many of these tools are not accessible to children with disabilities because of their limitations.

This project aims to build an educational platform for preschoolers that by some modifications can be used by children with disabilities. This platform must also be low cost to facilitate acquisition and flexible to allow future changes and modifications.

First, a study of educational robotics and a study of the characteristics that must have an educational tool to be considered an adapted platform are made.

Subsequently, a study of educational tools available on the market is performed, to know what would be the most appropriate.

Finally it is built and carried out step by step a small educational robot with free software and open hardware that allows students to learn by trial and error to program simple tasks and get the robot to perform paths on a thematic mat. Some adjustments will be made on this tool, so it could be used by blind children or children with visual impairment.

Key words: educational robotics, preschool education, educative tool, disable children

Índice

Agradecimientos	II
Resumen	III
Abstract	IV
Indice	V
Lista de figuras	VII
1. Introducción	1
1.1 La robótica en la sociedad	1
1.1.1 Robótica industrial	1
1.1.2 Robótica de servicios profesionales.....	2
1.1.3 Robótica personal	4
1.1.4 Inteligencia artificial	5
1.1.5 Impacto socio-económico de la robótica	6
1.2 Descripción general del proyecto	7
1.3 Objetivos	8
1.3.1 Estudio de las plataformas didácticas educativas actuales	8
1.3.2 Estudio de las plataformas educativas adaptadas a niños con discapacidad...	8
1.3.3 Exploración de los componentes y el software disponibles para el desarrollo de la plataforma	8
1.3.4 Puesta en marcha.....	8
1.3.5 Realización de pruebas	8
2. Estado del arte	9
2.1 Robótica educativa.....	9
2.2 Robótica educativa para niños con discapacidad	15
2.3 Características de una herramienta educativa para ser adaptada.....	18
2.3.1 Discapacidad visual	19
2.3.2 Discapacidad auditiva	19
2.3.3 Discapacidad motora	19
2.3.4 Discapacidad intelectual	20
3. Estudio de herramientas educativas	21
3.1 Tecnologías educativas	21

3.1.1 Juguetes tecnológicos de construcción	22
3.1.2 Sencillos robots educativos	24
3.2 Elección de herramienta educativa	28
4. Marco de trabajo	29
4.1 Piezas imprimibles. Impresora 3D	29
4.2 Componentes	32
5. Modificaciones para el uso adaptado	38
5.1 Alfombrilla	38
5.2 RFID	39
5.3 Altavoz	43
6. Implementación	45
6.1 Hardware	45
6.1.1 Botonera	45
6.1.2 Montaje	46
6.1.3 Conexiones	47
6.1.4 Alfombrilla	48
6.2 Software	49
6.2.1 Esquema de funcionamiento	50
6.2.2 Síntesis de voz	51
6.2.3 Localización de posición	52
6.2.1 Movimiento del robot	54
7. Pruebas del Sistema	56
8. Presupuesto	58
8.1 Costes de Ejecución	58
8.1.1 Costes por hardware	58
8.1.2 Costes por software	59
8.1.3 Costes por personal	59
8.2 Importe Total	59
9. Conclusiones y trabajos futuros	60
9.1 Conclusiones	60
9.2 Trabajos futuros	62
10. Referencias	64

Lista de figuras

Figura 1. Robot colaborativo (Universal Robots)	2
Figura 2. Robot cirujano	2
Figura 3. Robot Sally, desactivador de bombas	3
Figura 4. “Prime Air” el drone de Amazon	4
Figura 5. Robot aspirador Roomba	5
Figura 6. Coche Google	6
Figura 7. Robot Chispita	10
Figura 8. Clase de “introducción a la Robótica Educativa” Colegio Antonio de Nebrija	11
Figura 9. Alumna iniciándose con los robots CEIP Gonzalo Fernández de Córdoba	12
Figura 10. Robot “actor”	13
Figura 11. Aplicaciones educativas en Tablets	14
Figura 12. Robot Kaspar	16
Figura 13. LEGO Mindstorms	16
Figura 14. Robot “Quillo”	17
Figura 15. LEGO WeDo	23
Figura 16. Set de máquinas tempranas sencillas	23
Figura 17. Kit de ROBOTIS OLLO	24
Figura 18. Robot y caja de Primo	25
Figura 19. Tablero y piezas de Primo	25
Figura 20. Robot Bee-Bot	26
Figura 21. Tapete del abecedario	26
Figura 22. Tapete de lectura comprensiva	26
Figura 23. Recta numérica	27
Figura 24. Figuras geométricas	27
Figura 25. Blue-bot	27
Figura 26. Escornabot	28
Figura 27. Impresora “HIJA”	30
Figura 28. Plataforma superior	30
Figura 29. Plataforma inferior	30

Figura 30. Separador	31
Figura 31. Rueda	31
Figura 32. Soporte canicas	31
Figura 33. Soporte portapilas	32
Figura 34. Soporte de motores	32
Figura 35. Soporte de la botonera	32
Figura 36. Arduino Nano	33
Figura 37. Placa de conexiones 170 pts	33
Figura 38. Motor y driver	34
Figura 39. Motor 28BYJ-48	34
Figura 40. Driver de potencia (ULN2003).....	35
Figura 41. Cables Macho-hembra	36
Figura 42. Portapilas	36
Figura 43. Juntas tóricas	36
Figura 44. Pulsadores	37
Figura 45. Resistencia 1 k Ω	37
Figura 46. Resistencia 100 k Ω	37
Figura 47. Módulo RFID 125Khz de Arduino	40
Figura 48. Módulo RFID 13.56Mhz de Arduino	40
Figura 49. RFID Reader RDM6300	41
Figura 50. RFID-RC522	41
Figura 51. Tarjetas RFID	42
Figura 52. Altavoz Visaton 2915	43
Figura 53. Altavoz Pro signal S066M	43
Figura 54. Altavoz Visaton 2220	44
Figura 55. Esquema conexión botonera	45
Figura 56. Botonera	45
Figura 57. Prototipo tras el montaje	46
Figura 58. Tabla de conexiones	47
Figura 59. Alfombrilla números.....	48
Figura 60. Tablilla guía.....	49

Figura 61. Esquema del funcionamiento.....	50
Figura 62. Tabla costes por hardware	58
Figura 63. Tabla costes por software	59
Figura 64. Tabla costes por personal	59
Figura 65. Tabla del Importe total	59

1. Introducción

El ser humano desde sus inicios ha buscado la manera de adaptarse al medio en el que vive, comunicarse y mejorar su calidad de vida, buscando el modo de hacer su trabajo más productivo y reducir el esfuerzo físico en las tareas cotidianas.

La era digital y las nuevas tecnologías han revolucionado la forma de comunicarnos y nos ofrecen un sinfín de posibilidades y herramientas para expresarnos más allá del lápiz y el papel.

1.1 La robótica en la sociedad

Actualmente el mundo de la robótica se encuentra en auge, siendo la ciencia donde la tecnología desarrolla todo su potencial al tratarse de un campo en continua evolución basado en la investigación, donde existen múltiples posibilidades y variantes. La robótica combina múltiples disciplinas tecnológicas como son: la electrónica, la informática, la inteligencia artificial, la mecánica, la ingeniería de control y la física entre otras.

En estos momentos todavía queda mucho por hacer y mejorar, ya que se trata de una tecnología en continuo desarrollo, pero durante los últimos años se han producido grandes mejoras gracias al trabajo de muchos investigadores.

La robótica es una rama de la tecnología que se dedica al diseño, construcción, operación, disposición estructural, manufactura y aplicación de los robots.

En el ámbito de la robótica se puede hablar de 3 líneas, la industrial, la de servicios profesionales y la personal.

1.1.1 Robótica industrial

La robótica industrial es la más clásica, nació hace 40 años y está muy vinculada al mundo automovilístico y la fabricación de bienes de consumo. Se trata de una línea madura, asentada y definida. En los últimos años se ha trabajado para hacer que la robótica industrial pueda llevarse a la pequeña empresa, el pequeño taller, donde siempre el trabajo ha sido artesanal. Esto se ha logrado mediante robots menos caros, más portátiles y ligeros que no necesiten un personal especialmente formado para su uso. Además se ha buscado que estas máquinas puedan trabajar simultáneamente con personas, reduciendo los riesgos y aumentando la seguridad.

Universal Robots ha desarrollado una tecnología colaborativa para procesos industriales, consiste en un robot de aluminio mucho más ligero, controlado de forma sencilla que puede trabajar de forma segura junto a los empleados [1].

Muchas empresas automovilísticas como Renault, BMW, Volkswagen han implementado estos productos a su cadena de producción.



Figura 1. Robot colaborativo (Universal Robots)

1.1.2 Robótica de servicios profesionales

El objetivo de esta línea es ayudar a los seres humanos a realizar tareas que estos no pueden realizar. El motivo puede ser falta de destreza, fuerza, o bien porque la situación o el lugar de trabajo son peligrosos con elevado riesgo, demasiada contaminación, o entornos no aptos para las personas como podrían ser el fondo del mar o el espacio.

La robótica es muy importante en la medicina, para terapias de rehabilitación, prótesis y la cirugía, una de las aplicaciones que más acogida está teniendo en los últimos años. Se usan robots cirujanos o quirúrgicos que ayudan al cirujano filtrando posibles temblores, ampliando su imagen o simplemente facilitando su tarea [2]. La cirugía con robots es mínimamente invasiva, reduce el riesgo de infecciones, la pérdida de sangre y el dolor postoperatorio, además disminuye el tiempo de estancia en el hospital.



Figura 2. Robot cirujano

Un grupo de científicos de California ha logrado que se pueda mover un brazo robótico sólo a través de las señales microelectricas del cerebro. Erik Sorto (tetrapléjico, paralizado de cuello hacia abajo) se sometió a una cirugía experimental en el Hospital Keck de USC el 17 de abril de 2013. Tal y como relata un artículo de la revista *Science* los cirujanos le implantaron dos conjuntos de microelectrodos en el cerebro con los que poder movilizar un brazo biónico externo, situado a su lado [3] [4].

Como ya se ha mencionado, una de las aplicaciones principales de los robots es utilizarlos para reemplazar a las personas en misiones peligrosas, desde intervenciones en incendios o áreas devastadas por desastres naturales, accidentes nucleares, desactivación de bombas, rescate de personas en situaciones peligrosas [5].



Figura 3. Robot Sally, desactivador de bombas

Un ejemplo son los robots utilizados en las centrales nucleares para realizar revisiones e inspecciones de determinadas zonas con elevados índices de radiación o contaminación.

También existen los robots submarinos, que se usan en el fondo del mar para observar la fauna acuática o mantener líneas eléctricas o de telecomunicaciones bajo el agua, realizar trabajos de soldadura, etc. En Canarias se utilizaron estos robots para sellar las fugas de fuel de un buque ruso hundido [6].

Además son importantes los que se usan en la agricultura para incrementar la producción o matar plagas, y por supuesto los que se usan en el espacio. Muchos robots han sido enviados al espacio como por ejemplo, el robot "Curiosity" que fue enviado a Marte para obtener información sobre el planeta [7]. Su labor consiste en analizar rocas y arenas, extraer muestras, tomar y enviar fotografías, consiguiendo así datos muy importantes para los científicos. El uso militar de esta tecnología, como el desarrollo de balas que cambian de rumbo en el aire, drones utilizados en las guerras, soldados

autómatas, ha creado una gran preocupación de los científicos de la robótica y la computación por las inmensas posibilidades que su ciencia abre para la guerra, el terrorismo y la destrucción. La carta firmada y presentada en Buenos Aires por Stephen Hawking y varios cerebros de la inteligencia artificial, es una señal nítida de la gran preocupación que el asunto suscita entre la élite científica [8].

Actualmente el uso militar de los drones o vehículos aéreos no tripulados ya resulta polémico, pero estos artilugios también pueden ser útiles con otros fines. Por ejemplo Amazon, la compañía líder mundial de ventas por internet, pretende crear un canal aéreo mundial para el reparto de paquetes a través de drones [9].



Figura 4. “Prime Air” el dron de Amazon

La empresa Sony junto a otra empresa japonesa, ha creado Aerosense, una compañía que ofrecerá servicios de captura y análisis de imágenes a través de la nube mediante drones [10].

1.1.3 Robótica personal

La robótica personal o doméstica, emergió hace pocos años y se caracteriza por dirigirse a un mercado masivo, el de consumo, y por ofertar muchos productos a bajo coste. Cada vez es más importante y está más presente en muchos hogares. El que ha obtenido mayor éxito y repercusión en el mercado ha sido el robot aspirador. Es uno de los robots domésticos más prácticos que se conoce, su capacidad para la limpieza inteligente permite al usuario realizar otras labores mientras que el robot trabaja para dejar el suelo limpio. El robot Roomba es uno de los más novedosos [11].



Figura 5. Robot aspirador Roomba

También tiene importancia el desarrollo de robots asistenciales para personas mayores o para niños con dificultades de comunicación, como los autistas, o robots que ayuden a personas discapacitadas.

Es posible utilizar robots para ayudar a pacientes con demencia senil. Actualmente hay 1,2 millones de pacientes de alzhéimer en España. Para aliviar el impacto de la enfermedad tanto en quienes la padecen como en sus allegados la Unión Europea financiará con cuatro millones de euros el proyecto MARIO [12]. El objetivo de esta iniciativa es crear un robot asistente que permita mejorar la calidad de vida de estos enfermos. El robot realizará funciones sociales como recordar las comidas y los medicamentos.

También se pueden utilizar autómatas como maestros de emociones para niños autistas. El niño autista necesita un rostro humano para entender las emociones pero generalmente rechaza el aprendizaje cuando interactúa con otro individuo, por ello la universidad de Pisa ha creado un robot humanoide para enseñar empatía ya que el niño autista no rechaza el aprendizaje con un robot [13].

Aunque en los últimos años la robótica personal ha adquirido gran importancia y su desarrollo se ha incrementado, en este campo aún queda mucho camino por recorrer.

1.1.4 Inteligencia Artificial

Los sistemas robóticos actuales son programados por el hombre y requieren, en mayor o menor medida, de su intervención. Sin embargo, los avances en Inteligencia Artificial (IA) apuntan a que dentro de unos años, las máquinas serán autónomas y podrán tomar decisiones y ejecutarlas.

Un ejemplo de estos avances se puede observar en el experimento liderado por Arturo Ribes, ingeniero y doctor en informática, concebido en el Instituto de Investigación de

Inteligencia Artificial (IIIA) de Barcelona para demostrar que un robot puede aprender a tocar un instrumento que desconoce. Arturo Ribes menciona que la robótica del desarrollo quiere crear robots mucho más diestros que hagan varias tareas y en lugar de adiestrarlos para que aprendan una a una, como hacen los actuales, se les enseñe a que las descubran y las dominen por sí mismos [14].

También hay que mencionar la conducción inteligente, en California pueden verse coches autónomos de Tesla y Google transportando personas que ni tocan el volante.



Figura 6. Coche Google

En Alemania destaca el proyecto “Ko-HAF” acrónimo de “conducción cooperativa automatizada de alto nivel, un proyecto que busca no solo que el vehículo circule solo, sino que lo haga respetando las normas de circulación [15]. Se quiere conseguir un automóvil que pueda reconocer situaciones y entornos de la forma más precisa posible.

1.1.5 El impacto socio-económico de la robótica

Un problema que preocupa actualmente a la sociedad es la pérdida de puestos de trabajo. Como ya se ha mencionado anteriormente los avances tecnológicos se han producido en todos los sectores, tanto en grandes industrias como en pequeñas empresas artesanales. Esto provoca la desaparición de gran cantidad de puestos de trabajo ya que un robot puede realizar la misma tarea en menor tiempo y de forma más precisa [16].

Los empleos suprimidos por las nuevas tecnologías se ven compensados por la generación de nuevos tipos de empleos, originados por esas mismas tecnologías.

El profesor de robótica y automatización de la Universidad Carlos III de Madrid Miguel A.Salichs cree que la industria de la robótica es en sí misma una oportunidad de crear

empleo, ya que ahora pensamos en la robótica como un medio de producción, pero poco a poco se va a convertir en un medio de consumo, igual que pasó con los computadores [17].

La industria española es la octava más automatizada del mundo, en los próximos 3 años las inversiones en el ámbito de la robótica rondarán los 2500 millones de euros e igualmente se prevén impactos positivos en el empleo con la creación de más de 2 millones de puestos de trabajo en los próximos 8 años según la AER-ATP (Asociación Española de robótica y automatización) [18].

Teniendo en cuenta la importancia de las nuevas tecnologías, su continuo desarrollo y su expansión tanto en el mundo laboral como en el mundo cotidiano, debemos conocer su funcionamiento y adaptarnos a esta nueva era tecnológica.

Actualmente cualquiera tiene acceso a estas tecnologías. La reducción de costes, la gran cantidad de datos informativos en internet y dispositivos como las impresoras 3D facilitan que estas tecnologías estén al alcance de nuestra mano.

Participar desde pequeño en actividades relacionadas con la tecnología es una forma de estimular el interés en esos campos, desarrollar el dominio de las tecnologías necesarias para el futuro y hacer que los niños estén más motivados.

Por esta razón es importante desarrollar propuestas en las que se ofrezca a niños y jóvenes la posibilidad de entrar en contacto con las nuevas tecnologías; esto es posible a través del manejo de herramientas de software y hardware, como prototipos robóticos y programas especializados con fines pedagógicos.

Por lo tanto podría decirse que la tecnología en sí misma se convierte en parte integral del proceso de formación en la niñez y la juventud.

1.2 Descripción general del proyecto

Tras lo expuesto anteriormente se ha decidido con este proyecto crear una plataforma didáctica para la educación infantil que ayude a los niños más pequeños a familiarizarse con la robótica y estimular su aprendizaje. Además esta plataforma debe estar adaptada para permitir que los niños con discapacidad puedan utilizarla, consiguiendo así disminuir la dificultad de integración de estos niños. Esta plataforma deberá ser de bajo coste para que esté al alcance de todos y flexible para facilitar futuras modificaciones.

1.3 Objetivos

El objetivo principal de este proyecto es el desarrollo de una plataforma didáctica para la educación infantil adaptada para que pueda ser usada también por niños con discapacidad. Esta plataforma debe ser de bajo coste y flexible tanto en el software como en el hardware de modo que pueda ser modificada en un futuro, para posibles mejoras y adaptaciones.

Para lograr este objetivo principal es necesario establecer una serie de objetivos específicos:

1.3.1 Estudio de las plataformas didácticas educativas actuales.

Estudiar las distintas alternativas que el mercado actual ofrece, servirá de gran ayuda para determinar el tipo de plataforma a utilizar, la que más se ajuste a los requisitos de este proyecto.

1.3.2 Estudio de las plataformas educativas adaptadas a niños con discapacidad.

Estudiar las posibles adaptaciones que pueden ser implementadas en plataformas educativas para que puedan hacer uso de ellas niños con discapacidad.

1.3.3 Exploración de los componentes y el software disponibles para el desarrollo de la plataforma.

Elegir componentes de bajo coste y flexibles y software de open source para que la plataforma sea económicamente asequible y pueda modificarse o mejorarse en un futuro

1.3.4 Puesta en marcha.

Una vez elegido el hardware y el software, implementar la plataforma, programarla y realizar las adaptaciones necesarias para que cumpla su función.

1.3.5 Realización de pruebas.

Una vez implementada la plataforma, realizar pruebas con niños con discapacidad, observar sus reacciones y anotar las conclusiones.

2. Estado del arte

Una vez analizada la robótica en la sociedad y definidos los objetivos del proyecto, se estudiarán las diferentes ramas de la robótica que afectan a este proyecto, en particular la robótica educativa, incluyendo la robótica educativa infantil, la robótica educativa para niños con discapacidad y por último se hablara sobre las características que debe tener un dispositivo educativo adaptado.

2.1 Robótica educativa

La robótica educativa es el conjunto de actividades pedagógicas que apoyan y fortalecen áreas específicas del conocimiento y desarrollan competencias en el alumno, a través de la concepción, creación, ensamble y puesta en funcionamiento de prototipos robóticos y programas especializados con fines pedagógicos.

La robótica educativa en los últimos años se ha configurado como un recurso eficaz para la mejora de los procesos de enseñanza y aprendizaje.

La robótica educativa ayuda a niños y adolescentes a encontrar respuestas eficientes a los entornos cambiantes del mundo actual, potencia su creatividad, desarrolla el trabajo en grupo, favorece la iniciativa y beneficia a niños con necesidades especiales. Con este método los alumnos trabajan de una forma práctica los conceptos teóricos que han estudiado en diversas asignaturas del curso escolar, motivándoles al aprendizaje de esas materias. De este modo fomentamos el interés por la robótica, las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas y ayudamos en el desarrollo de habilidades y competencias necesarias para el futuro personal y profesional [19].

Sin embargo la robótica no solo tiene la ventaja de integrar múltiples áreas de conocimiento, su mayor cualidad en el ambiente educativo es lo atractiva que resulta para los jóvenes.

Todo esto lleva a que el uso de los robots para la educación ofrezca la posibilidad de interactuar con este elemento motivador que, además de centrar el interés de quien aprende en los temas que se enseñan, conecta a los estudiantes con las nuevas tecnologías, familiarizándoles con los dispositivos programables, cada vez más presentes en nuestra sociedad [20].

Algunos objetivos de la Robótica educativa son los siguientes:

- Aprender por ensayo y error, donde el equivocarse es parte del aprendizaje y el autodescubrimiento porque el conocer las soluciones erróneas aporta información muy valiosa para no cometer los errores en futuros retos.
- Aprender a trabajar en equipo permitiendo a las personas socializar, organizarse, llegar a acuerdos respetando las aportaciones de los compañeros.

- Desarrollar el aprendizaje de forma divertida y programar de manera natural. Esta actividad es ideal desde el punto de vista de los niños por su componente lúdico.
- Estimular y desarrollar las capacidades creativas: fluidez, flexibilidad, originalidad y elaboración. El desarrollo de la creatividad permite desarrollar las aptitudes y capacidades que les permitirán progresar, ayudándoles a desenvolverse mejor en el mundo que les rodea, a mejorar sus dotes de comunicación, a desarrollar su pensamiento abstracto y a resolver problemas tanto en la infancia como en la etapa adulta.
- Desarrollar sus conocimientos. por medio de la enseñanza práctica de conceptos básicos de materias escolares, estimulando el interés por estas asignaturas.
- Motivar la investigación por medio de retos despertando su curiosidad por el mundo de la robótica.
- Fomentar la imaginación y el espíritu emprendedor de los más pequeños. Despertar inquietudes y ayudar a niños con necesidades especiales aumentando la confianza en sí mismos.

Existen muchos proyectos interesantes relacionados con la robótica educativa con resultados positivos demostrando que se cumplen realmente los objetivos mencionados.

Un ejemplo es la Tesis de Rómulo Ilvay, de Ecuador que diseñó e implementó un sistema de educación virtual para niños de 3 a 5 años usando un robot llamado Chispita que estaba controlado mediante un sensor Kinect [21].



Figura 7. Robot Chispita

La mejor manera de introducir la robótica educativa a los niños es utilizándola en las aulas. La implementación de proyectos de robótica educativa en el aula de clase crea las

mejores condiciones de apropiación de conocimiento, las cuales permiten a los estudiantes fabricar sus propias representaciones de los fenómenos del mundo que les rodea, facilitando la adquisición de conocimientos acerca de estos fenómenos y su transferencia a diferentes áreas del conocimiento.

El uso de la robótica en el aula de clase como una herramienta de aprendizaje genera ambientes de aprendizaje multidisciplinarios que permiten a los estudiantes fortalecer su proceso de aprendizaje al tiempo que desarrollan diferentes destrezas que les permitirán afrontar los retos de la sociedad actual.

En muchos colegios existen ya proyectos de robótica educativa que están teniendo mucho éxito y muy buena acogida por parte del profesorado y de los alumnos.

En el colegio Legamar de Leganés (Madrid) se ha iniciado el Proyecto de Innovación educativa Lega-bot 3D con Weinnova para alumnos de educación primaria y secundaria, con el principal objetivo de fomentar la competencia científica, la creatividad y el emprendimiento de los alumnos, a través del uso de la robótica educativa y la impresión en 3D [22].

En otros colegios la robótica educativa ya se ha introducido como una asignatura o complemento de ella, como en el caso del colegio Antonio de Nebrija de Murcia donde se ha implementado la asignatura “Introducción a la Robótica Educativa” en el tercer ciclo de primaria. La asignatura se complementa con sesiones de programación en diferentes lenguajes como Scratch o Python. Además se están llevando a cabo talleres con los alumnos de 4º de Primaria y como enriquecimiento curricular dentro del área de tecnología en 1º de ESO. Los alumnos de 5º y 6º de Primaria tienen una hora a la semana de Robótica y Programación [23]. Permitiendo que entiendan el funcionamiento de muchos de los dispositivos y programas que utilizan habitualmente.



Figura 8. Clase de “introducción a la Robótica Educativa”
Colegio Antonio de Nebrija

También los más pequeños son capaces de usar la robótica y la programación para resolver pequeños retos de aprendizaje diarios. No se trata de aprender robótica sino de aprovechar su potencial educativo en las aulas para que los más pequeños, desde los primeros niveles educativos y de forma lúdica, desarrollen competencias mediante una nueva manera de expresión, comunicación y creación, con un lenguaje propio.

Implementar este tipo de educación en edades tan tempranas supone un gran beneficio para los alumnos, ya que es en esta etapa de la vida cuando el cerebro tiene más capacidad para adquirir nuevos conceptos y hacerlo de una forma más natural.

Esto precisamente es lo que han hecho los alumnos de 3 años de Educación infantil del CEIP Antonio Machado de Collado Villalba (Madrid) con el proyecto “los robots, iniciación a la robótica educativa” [24].

Tras realizar una investigación sobre los Robots, se pasa a la segunda fase en la que los alumnos se inician en robótica y en construcción de mecanismos, robots y soluciones, utilizando materiales de robótica educativa como Bee-Bot y LEGO.

De forma experimental se realizó algo similar en el CEIP Gonzalo Fernández de Córdoba de Madrid implicando muy diversas áreas. La idea era iniciar la robótica y el lenguaje computacional desde los 3 años y llegar hasta 6º de primaria, para ello compraron un robot llamado Bee-Bot para Educación Infantil, el kit de Lego WeDo para 1º y 2º de primaria y usaron el lenguaje de programación por bloques Scratch para el resto de cursos [25].



Figura 9. Alumna iniciándose con los robots
CEIP Gonzalo Fernández de Córdoba

Fuera del ámbito escolar, existen iniciativas que conectan a los niños con la robótica como es el caso de los campamentos tecnológicos de verano o actividades extraescolares.

Robert Assink, director general en España de la empresa Interxion, es también promotor de cursos tecnológicos de verano para niños en Madrid. En estos cursos se realizan talleres de impresión 3D, programación de videojuegos o realidad aumentada [26].

La empresa Rockbotic desarrolla actividades extraescolares de robótica y diseño de videojuegos en colegios, institutos, así como en ayuntamientos [27].

La robótica educativa también puede estar presente en actividades culturales como el teatro. Un ejemplo de ello es “Programa tu obra”, una iniciativa puesta en marcha por la empresa “El Caleidoscopio Proyectos de ciencia y cultura”, cuyo objetivo es la hibridación entre el mundo de la tecnología, la cultura y las artes.



Figura 10. Robot “actor”

La propuesta va dirigida a alumnos de entre seis y 16 años, que han de aprender a programar robots a través de la plataforma Scratch y conseguir que interpreten un papel en la obra teatral.

Esta iniciativa también está disponible para cursos de Diversificación Curricular que al ser multidisciplinaria y transversal resulta especialmente beneficiosa para estos alumnos. Los alumnos de tres centros de discapacitados, uno de Alicante y otros dos de Murcia también han utilizado esta iniciativa [28].

Los docentes y personas interesadas en robótica educativa pueden ayudarse de las comunidades virtuales especializadas en la aplicación de la robótica en la educación. Una de ellas es el proyecto “Mundo Robótica”, una iniciativa del portal educativo EducaRed para fomentar las TICs en la educación.

El principal objetivo de “Mundo Robótica” es que docentes, estudiantes, y el público general tengan acceso a una serie de recursos en torno a la robótica como herramienta pedagógica. Este foro ayuda a colegios y a profesores a compartir sus experiencias y a poder encontrar nuevas herramientas y talleres de robótica. Busca involucrar la robótica en el aula de clase por medio de actividades prácticas y recursos de aprendizaje articulados desde una plataforma virtual [29].

La sociedad actual está exigiendo al sistema educativo el desarrollo de nuevas habilidades y competencias que permitan a los estudiantes dar una respuesta eficiente a los entornos cambiantes del mundo actual.

En España y en países de nuestro entorno se han puesto en marcha durante las dos últimas décadas diferentes planes dirigidos a introducir las nuevas tecnologías en los centros escolares.

Una de las primeras fueron las tablets. Las tablets pueden ser empleados de forma productiva para introducir a los niños en un amplio rango de aprendizajes adecuados a sus necesidades y preferencias y de esta forma convertirse en una herramienta

educativa más. Su uso potencia la creatividad, la autonomía, la motivación y la experimentación, mejorando por lo tanto el proceso de enseñanza-aprendizaje [30].

En España, el pionero fue el colegio Sek Ciudalcampo donde sus alumnos de Educación Infantil utilizaron el i-pad como un elemento más en su proceso de aprendizaje tanto para la lectoescritura, el inglés, las matemáticas, la grafomotricidad y la creatividad, aumentando la concentración y motivación de éstos [31].



Figura 11. Aplicaciones educativas en Tablets

Actualmente las autoridades educativas se han percatado de la gran necesidad de tener conocimientos sobre programación, y han decidido incluir el temario en los planes educativos, ya que lo consideran una herramienta fundamental para desenvolverse en el mercado laboral actual y futuro.

El gobierno de Navarra creó el proyecto “Código 21” en el cual participaron noventa centros educativos en el curso 2014-2015, Esta iniciativa pretende enseñar a alumnos de 4º y 5º de Primaria a escribir en el lenguaje empleado para diseñar programas informáticos y aplicaciones de robótica [32].

En el curso escolar 2015-2016 en la Comunidad de Madrid se estrenará en la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) la nueva asignatura de Tecnología, Programación y Robótica [33]. Con esta asignatura, los alumnos aprenderán a manejar y crear la tecnología: sabrán crear una página web, diseñar un juego de ordenador, programar una aplicación para el móvil, manejar la impresión 3D y tener fundamentos de robótica. Los institutos tendrán impresoras 3D, kits de robótica y el equipamiento informático necesario para esta nueva asignatura [34].

Esta asignatura es totalmente novedosa en estas etapas de la educación, ya que, hasta ahora, el que quería iniciarse en este mundo tenía que ser autodidacta o esperar a la universidad.

Aunque en España se esté poniendo en marcha esta asignatura en los colegios de la Comunidad de Madrid, en Europa ya está presente. En algunos países es una asignatura opcional, como Dinamarca, Estonia, Irlanda, Italia y Lituania y en otros ya se está

convirtiéndolo en una asignatura obligatoria como en Bulgaria, Chipre, República Checa, Grecia, Polonia, Portugal y Reino Unido [35].

Hasta ahora la innovación en robótica educativa estaba al alcance de muy pocos, pero esto ha cambiado gracias a la reducción de los costes de producción, el aumento de la oferta y la creación de plataformas de hardware libre como Arduino permitiendo así, que poco a poco se introduzca en el temario escolar.

2.2 Robótica educativa para niños con discapacidad

Durante la etapa del desarrollo, la interacción con las demás personas y el entorno se realiza mediante repetición de experiencias y exploración del mundo a través de los sentidos [36]. Esto es fundamental para el desarrollo cognitivo, social, emocional y motor. Los niños con discapacidad severa no perciben el mundo de la misma forma, les supone una tarea más complicada, lo cual afecta a su potencial de aprendizaje y puede derivar en un aislamiento social.

Este pobre funcionamiento social puede deberse a razones tan variadas como:

- Actitudes de sobreprotección de los adultos, especialmente de padres, profesores y cuidadores que les provoca dependencia.
- Carencia de estimulación ambiental, como es el caso de las limitadas experiencias de juego a las que frecuentemente se ven sometidos estos niños.
- Limitaciones funcionales derivadas de la propia discapacidad que restringen su participación en muchas actividades.
- Falta de interés y motivación por parte del niño ante el temor y miedo al fracaso o al rechazo. Posee la idea de no ser capaces de realizar algo por sí mismos.

Teniendo en cuenta la falta de independencia, de exploración y de espontaneidad a la hora de descubrir el entorno que les rodea y la carencia de estrategias, habilidades y competencias para establecer relaciones sociales con los compañeros, es necesario encontrar un modo alternativo para ayudar a los niños con discapacidad en su desarrollo [37].

Utilizando la robótica educativa de forma lúdica, los niños discapacitados incrementan su motivación y su interés dándoles la oportunidad de explorar de forma independiente el mundo que les rodea, interactuar con los demás y así aumentar su autoestima.

Los juguetes robóticos, como por ejemplo el robot Kaspar del proyecto europeo IROMEC, ayudan a los niños con discapacidad a aprender a jugar con el objetivo de que puedan desarrollar habilidades sociales sólidas. Estos robots cumplirán el papel de intermediarios animando a los niños discapacitados a experimentar con una serie de

habilidades relacionadas con el juego, entre las que se incluyen actividades de juego individual y social. Además tendrán la capacidad de animar a otros niños a que participen en sus juegos [38].



Figura 12. Robot Kaspar

En la doceava conferencia de tecnología e ingeniería LACCEI celebrada en Ecuador en 2014 se expuso un proyecto sobre la aplicación de la robótica educativa a niños con autismo [39]. El proyecto consiste en utilizar kits de LEGO Mindstorms para construir diseños como la prueba del laberinto, figuras geométricas o selección de color, con los que puedan interactuar los niños autistas.



Figura 13. LEGO Mindstorms

Este proyecto demuestra que las plataformas robóticas son un método particularmente interesante para interactuar con los niños con autismo, porque propicia en ellos un abandono de su mundo introspectivo y lo invita a responder a los estímulos producidos por el robot [40].

Una aplicación de la robótica educativa a niños con discapacidad visual es el mecanismo denominado “Phantom” que, mediante una combinación de escenarios de realidad

virtual unidos a un dedo-robot, permite a los ciegos sentir el tacto de los objetos representados informáticamente, permitiéndole apreciar si una estructura es cóncava o convexa, o conocer la textura o el grosor de una pieza [41]. Unido, por ejemplo, al mapa de una casa, la persona ciega puede hacerse un croquis mental de ella y evitar los posibles obstáculos.

La Tesis de Gonzalo Lorenzo Lledó de la Universidad de Alicante es un ejemplo de la utilización de robots para ayudar a niños con síndrome de Asperger [42]. El objetivo general planteado en la Tesis es aplicar una serie de entornos visuales inmersivos que representan contextos sociales y educativos para que el alumnado con síndrome de Asperger pueda practicar y mejorar sus habilidades sociales y emocionales a través de una serie de protocolos de tareas. Se emplea un robot con una cámara en su extremo para el control visual de las reacciones del niño y así mejorar y actualizar el estado inmersivo.

Risoluta es una empresa española que se dedica a desarrollar sistemas de robots destinados a personas que presentan cualquier tipo de discapacidad o dificultad funcional, como el sistema LudoSys.

El sistema LudoSys pretende dar respuesta a las necesidades más básicas y menos atendidas de las personas donde esté afectada, en diferentes grados, la capacidad de manipulación, movimiento o desplazamiento [43]. El objetivo inicial de este sistema es permitir a estas personas, especialmente niños, jugar con robots teniendo en cuenta sus limitaciones físicas y/o psíquicas. Al mismo tiempo pretende ser una herramienta integradora, permitiendo el juego compartido entre personas con y sin discapacidad.

LudoSys está compuesto de sistemas de robots (denominados Quillo!), dispositivos especiales, módulos funcionales y el software de control, construcción y supervisión (LudoS2C2).



Figura 14. Robot “Quillo”

El sistema integra todos los elementos que facilitan el juego de estas personas y al mismo tiempo tiene como objetivo ser una herramienta útil para los especialistas que trabajen con ellos. Los especialistas podrán configurar el sistema en función de las

necesidades del niño y atendiendo a su patología, discapacidad o dificultad funcional. Los robots se comportarán atendiendo a los intereses del especialista y del niño. El objetivo es cubrir las necesidades de los niños independientemente de su discapacidad.

Con este tipo de proyectos se establece la importancia del trabajo interdisciplinario entre ingeniería y otras disciplinas, para construir nuevas herramientas terapéuticas orientadas al beneficio del niño discapacitado, que elimine muchas de las barreras al aprendizaje que hoy en día todavía existen para el alumnado en condiciones de diversidad.

2.3 Características de una herramienta educativa para ser adaptada

En general los niños con discapacidad tienen una serie de necesidades que no les permiten utilizar todo tipo de herramientas educativas. Es muy importante tener en cuenta su comportamiento, muchos de ellos son impulsivos, distraídos, incapaces de seguir instrucciones o terminar sus tareas [44].

Además suelen ser intranquilos, inquietos, sobreactivos, absorbentes de la atención del docente y perturbadores en actividades pedagógicas y lúdicas. Muchas veces no parecen escuchar, les cuesta integrarse en grupos de trabajo y de juego, así como participar activamente durante las clases. E incluso en ocasiones no pueden permanecer en sus asientos, concentrarse en su trabajo o inhibir su agresividad [45]. Por todo ello necesitan herramientas educativas adecuadas que tengan la capacidad de mantener su atención y les no cause rechazo.

Las características generales que debe tener una herramienta educativa para niños con discapacidad son las siguientes:

- Deben tener un diseño similar a las usadas por niños sin discapacidad, siempre que sea posible. Así conseguimos la participación de los niños con discapacidad en las actividades de los que no la tienen y se reduce la diferenciación entre ellos.
- Deben ser versátiles, es decir, que permitan varias formas de interacción o que posibiliten cambiar sus reglas para facilitar la adaptación de cada juguete a cada caso.
- Deben ser adecuados a su edad cronológica y a su desarrollo. En ocasiones hay que ser flexible a la hora de adaptar las indicaciones respecto a la edad debido a que los niños con discapacidad pueden tener ritmos de aprendizaje distintos.
- Se debe asegurar que las adaptaciones respetan las normas de seguridad para evitar peligros innecesarios.
- Con un diseño atractivo, para lograr captar y mantener su atención, que no le cause rechazo ni temor.
- Con un manejo intuitivo y fácil para que pueda jugar por sí mismo sin ayuda de un adulto. Con actividades repetitivas y rutinarias

- Aunque su papel pedagógico es importante no debe utilizarse únicamente en un ambiente formativo sino también lúdico. Hay que tener en cuenta lo que les gusta y les estimula.

Existen diversos tipos y grados de discapacidad, lo que genera una gran dificultad para marcar unas directrices generales respecto a como seleccionar, adaptar o diseñar herramientas educativas para este tipo de personas [46].

Por este motivo se va a señalar las características específicas de las herramientas educativas adecuadas para cada uno de los distintos tipos de discapacidad: discapacidad visual, auditiva, motora e intelectual.

2.3.1 Discapacidad visual. Características adecuadas:

- Que tengan un diseño sencillo, realista y fácil de identificar al tacto.
- Que sus colores sean muy vivos y contrastados para que puedan ser percibidos por niños con resto visual.
- Incorporar sonidos, relieves o texturas que sustituyan o acompañen al estímulo visual.
- Cuando existan textos o instrucciones, traducir al sistema Braille o dotar de relieve las indicaciones o ilustraciones, o bien, incluir grabaciones de voz que sustituyan informaciones textuales.
- Que sean compactos y no se desmonten fácilmente, evitando las piezas pequeñas o de difícil clasificación de las mismas al tacto.
- Que incluyan objetos o complementos fáciles de manipular [47].

2.3.2 Discapacidad auditiva. Características adecuadas:

- Los juguetes con sonido deben tener control de volumen y salida opcional de auriculares, para poder facilitar el acceso a aquellos niños con restos auditivos funcionales, con el fin de posibilitar el juego compartido de niños/as con y sin deficiencia auditiva.
- Si tienen efectos sonoros, deben acompañarse de otros efectos perceptibles para estos niños/as (luces, imágenes, vibraciones, etc.).
- Traducir los mensajes orales a mensajes escritos

2.3.3 Discapacidad motora. Características adecuadas:

- Que se manipulen mediante técnicas motrices controladas por los propios niños/as.
- Que sus pulsadores o botones sean muy accesibles y fáciles de accionar.
- Que sus piezas sean fáciles de encajar e incorporen elementos en relieve (tacos, palancas, anillas, etc.) que faciliten el giro o agarre de las piezas.

- Que no exijan mucha rapidez de movimientos o que se puedan regular los tiempos de respuesta.
- Que no obliguen a movimientos simultáneos (como presionar dos teclas a la vez).
- Que tengan antideslizantes en su parte inferior para evitar movimientos no deseados [48].

2.3.4 Discapacidad intelectual. Características adecuadas:

- Que tengan fácil manejo de todas sus funciones, para que permita al niño poder jugar con autonomía.
- Que su diseño sea sencillo y realista, lo que permitirá al niño trabajar la transferencia y generalización de los aprendizajes.
- Que resulten atractivos desde el principio hasta el final de su uso, lo que permitirá mantener la atención y el interés durante todo el juego.
- Que permitan tiempos de respuesta largos, para que todos puedan jugar aunque su ritmo sea un poco más lento.
- Que no requieran altos niveles de concentración o razonamiento.
- Con normas y funcionalidades flexibles que permiten adaptarlo a su nivel cognitivo.

Lo más importante, para un niño con alguna discapacidad, es que se favorezca la inclusión y la socialización a través del juego con otros niños, así como la comprensión y el enriquecimiento mutuo. Se debe facilitar, desde todos los ámbitos, la plena incorporación y desarrollo del niño, sea cual fuere su condición.

Según un estudio realizado por el centro tecnológico AIJU, el 70% de las herramientas educativas son accesibles a niños con discapacidad auditiva, el 61% a niños con discapacidad motora y solo el 46% son accesibles a niños con discapacidad visual. [46] Con esto se puede llegar a la conclusión de que los niños con discapacidad auditiva pueden acceder a mayor cantidad de herramientas educativas, seguidos de los que tienen discapacidad motora y que los niños ciegos o con problemas visuales son los que disponen de menos herramientas educativas accesibles. En este proyecto por tanto nos centraremos en crear una herramienta educativa que gracias a algunas adaptaciones sea también accesible a los niños con discapacidad visual.

3. Estudio de herramientas educativas

Una vez introducido el tema y establecidos los principios básicos del proyecto es necesario contemplar las distintas opciones posibles para la creación de una plataforma didáctica orientada a la educación infantil con posibilidad de uso para niños con discapacidad.

A continuación se dará una explicación de diferentes tecnologías educativas en la actualidad y de los distintos tipos de plataformas hardware disponibles. Posteriormente se mostrará el prototipo elegido y se explicaran los motivos que me han llevado a dicha elección.

3.1 Tecnologías educativas

En la actualidad los niños y las niñas conviven desde su nacimiento, dentro del contexto familiar y social, con todo tipo de "artilugios" tecnológicos, desde el vídeo al equipo de música, pasando inevitablemente por el televisor y su mando a distancia, los videojuegos y los primeros ordenadores destinados al público infantil, hasta llegar al ordenador personal y sus redes de información. Y todo esto acontece en niños y niñas desde su más tierna infancia, desde que aprenden a caminar, desde que son capaces de subirse a una silla.

Sin embargo, aún nos invade la sensación de quererles proteger de estas tecnologías olvidándonos de que quizás nuestra tarea no sea tanto la de aislarles de ellas, sino más bien la de educarles en el buen uso de las mismas.

La tecnología educativa es el resultado de las prácticas de diferentes concepciones y teorías educativas para la resolución de un amplio espectro de problemas y situaciones referidos a la enseñanza y el aprendizaje, apoyadas en las TIC (tecnologías de información y comunicación) [49].

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación están presentes en nuestras vidas y la han transformado mucho durante los últimos años [50]. Las tic nos ofrecen diversidad de recursos de apoyo a la enseñanza, material didáctico, entornos virtuales, internet y otros canales de comunicación y manejo de información) desarrollando creatividad, innovación, entornos de trabajo colaborativo, promoviendo el aprendizaje significativo, activo y flexible [51].

Para poder aplicar proyectos de robótica en el aula de clase es necesario disponer de diferentes herramientas de software y/o hardware que permitan al estudiante construir o simular diferentes prototipos robóticos.

Los kits comerciales de robótica son una gran opción para involucrar la robótica en el aula de clase [52]. Estas herramientas educativas permiten a personas de todas las edades construir diferentes prototipos robóticos sin necesidad de tener conocimientos avanzados en mecánica, electrónica o programación.

Actualmente el mercado ofrece una variedad de herramientas para el aprendizaje y la estimulación.

Entre los kits más conocidos en el mercado se pueden comentar: los Bee-Bot, Parallax Scribbler, VEX Robotics, Fishertechnik PROFI y Computing, LEGO MINDSTORMS education, LEGO WeDo, LEGO NXT, sistema BIOLOID, DYNAMIXEL y DARwin-OP [53].

En el mercado también se pueden encontrar programas especializados en robótica que permiten a niños y jóvenes controlar y simular diferentes prototipos robóticos. Se pueden destacar los siguientes programas educativos: NXT-G Educación, ROBOTC, ROBOLAB, Microsoft Robotics Developer Studio, Scratch, RoboRealm, LabVIEW y MATLAB (Lrobotikas, 2011).

En este proyecto se mencionaran algunas tecnologías educativas de las más significativas como son los juguetes tecnológicos de construcción y sencillos robots educativos programables.

3.1.1 Juguetes tecnológicos de construcción.

LEGO

Desde 1980, LEGO Education ha proporcionado recursos prácticos para maestros y alumnos en todo el mundo [54]. LEGO Education da un enfoque práctico y dinámico consiguiendo que los alumnos intervengan de manera activa en el proceso de aprendizaje y desarrollen habilidades del siglo XXI tales como el pensamiento creativo y la resolución de problemas a través de experiencias de la vida real.

Las estructuras básicas de LEGO sirven para iniciar a los alumnos en la construcción de sus propios robots o mecanismos. Estos materiales incluyen piezas de construcción, poleas, ganchos móviles en cuerdas, ejes y engranajes.

Uno de los productos más interesantes de LEGO Education es LEGO WeDo.

Los niños construyen modelos con sensores simples y un motor que se conecta a sus ordenadores, y programan comportamientos con una herramienta extremadamente simple, fácil, intuitiva y divertida para iniciarse en la robótica.

LEGO WeDo también se puede programar de forma sencilla con Scratch, software educativo libre desarrollado por el MIT para narraciones digitales ampliadas. La programación consiste en arrastrar los comandos (iconos) en el orden correcto y estos quedan enganchados como un puzzle.

Con este recurso, es posible la construcción de modelos sencillos y la programación de estos en una misma actividad. Se puede construir modelos predefinidos siguiendo las instrucciones de montaje y posteriormente crear nuevos modelos y programarlos con Scratch.



Figura 15. LEGO WeDo

De esta manera se aumenta la motivación de los niños al comprobar que un modelo que han construido o creado en tres dimensiones con las piezas de LEGO adquiere movimiento y sigue sus órdenes gracias al software de programación.

LEGO WeDo está diseñado para niños de primaria a partir de 7 años.

Para niños de educación infantil LEGO Education nos ofrece otros productos como el set de máquinas tempranas sencillas, el de estructuras tempranas y el de máquinas técnicas. Son un conjunto ideal para la introducción temprana a la ciencia y la tecnología orientado a niños de 3 a 6 años de edad.

Están diseñados para desarrollar las habilidades motoras finas y para explorar y comprender las máquinas y las habilidades de ingeniería. Además contiene una gran cantidad de elementos para jugar y aprender en equipo permitiendo compartir ideas, planificar, escuchar a los demás y también explorar roles y responsabilidades sociales.



Figura 16. Set de máquinas tempranas sencillas

ROBOTIS

Robotis es una empresa coreana dedicada al desarrollo de kits de robótica educativa para diferentes edades desde 1999. A continuación se describen los kits de robótica educativa de esta empresa orientados a niños pequeños.

ROBOTIS OLLO es un sistema de iniciación a la robótica para niños de 6 años. OLLO es un conjunto de kits flexibles, escalables y educativos para diseñar y construir robots, jugando y despertando el interés por la ciencia y la tecnología de los niños.

Los kits de entretenimiento (OLLO Figure y OLLO Action) son ideales para niños como juguete y juegos didácticos y creativos con robots. Los kits de educación (OLLO Starter, OLLO Explorer y OLLO Inventor) proporcionan contenidos y ejercicios educativos con actividades con robots de alto nivel pedagógico en horario escolar, extraescolar o en campamentos de verano.



Figura 17. Kit de ROBOTIS OLLO

3.1.2 Sencillos robots educativos

En este apartado vamos a hablar de sencillos robots educativos que han sido creados para iniciar a los niños en el desarrollo de habilidades, capacidades y competencias básicas a través de la resolución de pequeños retos de aprendizaje y el uso de la robótica y la programación. La idea del robot es despertar la mente de los más pequeños de forma lúdica.

Existen varios tipos de robot en el mercado, en este capítulo hablaremos de dos de ellos como ejemplos significativos, Primo y Bee-bot.

PRIMO

Primo nació como un proyecto estudiantil de Matteo Loglio y es de código abierto.

Es un set de juegos que a través de formas y colores enseña a los niños la lógica de programación, mediante el control de los movimientos de un robot potenciado por

Arduino. Así los niños de entre 4 y 7 años pueden aprender nociones básicas de programación sin darse cuenta de una manera divertida.

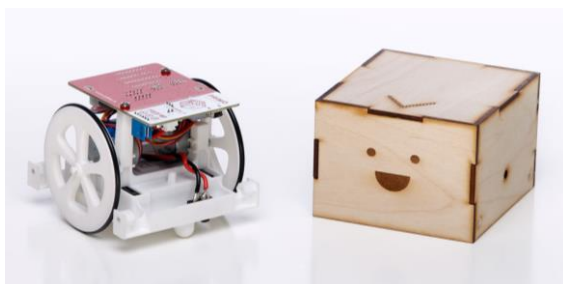


Figura 18. Robot y caja de Primo



Figura 19. Tablero y piezas de Primo

Las instrucciones son muy limitadas: hacia delante e izquierda o girar a la derecha, 90 grados. De esta forma es posible componer algoritmos básicos para resolver un problema sin necesidad de alfabetización o conocimientos previos en informática, teclados o pantallas.

Los componentes electrónicos de Primo no se pueden ver pues están ocultos en una caja de madera. Consta de tres partes: un robot, un tablero con huecos y piezas para colocar en ellos. Los niños van colocando las piezas de diferentes formas y colores en los huecos del tablero. Éstas se convierten en comandos que hacen que el robot se mueva en una dirección u otra para hacerlo llegar a un determinado destino.

No hay una combinación correcta ya que dependiendo de las instrucciones, el robot se mueve de una forma determinada, por lo que los pequeños se esfuerzan para crear sus propias órdenes.

BEE-BOT

Bee-Bot es una plataforma simple y de diseño amigable para los niños. Un punto de partida ideal para enseñar control, lenguaje direccional y programación a niños entre 3 y 7 años de una manera interactiva.

Es un robot con forma de abeja que tiene que seguir instrucciones secuenciadas correctamente a través de la pulsación de botones para llegar a un destino marcado como objetivo [55]. Las instrucciones son sencillas avanzar o retroceder 15 cm y girar 90º con 1 segundo de espera entre las distintas órdenes.



Figura 20. Robot Bee-Bot

Los alumnos tendrán que programar el robot e introducir la secuencia correcta para que realice la ruta. Se utiliza este robot como herramienta de apoyo al aprendizaje estimulando el desarrollo de habilidades, competencias básicas y distintos procesos mentales, valorando el proceso más que el resultado.

Existen tapetes cuadriculados con escenarios distintos que permite a los niños acercarse a diferentes contenidos educativos. Las posibilidades de este material son infinitas ya que también se puede crear tapetes nuevos con unas cuadrículas transparentes que vende la marca. De esta manera se puede plantear diferentes actividades en función del nivel educativo y de la temática propuesta.

Para fomentar la lectura y escritura de los niños y mejorar su vocabulario se pueden utilizar tapetes que contengan las letras del abecedario, sopas de letras e incluso escenas de cuentos para mejorar la lectura comprensiva.



Figura 21. Tapete del abecedario



Figura 22. Tapete de lectura comprensiva

Para desarrollar la lógica y las matemáticas se pueden utilizar tapetes como la recta numérica, que permite familiarizarse con el concepto de número y cantidad. También alfombrillas planteando problemas matemáticos, para empezar con pequeñas sumas y restas. Otros visuales con figuras geométricas. Y sencillos laberintos que mejoran la organización espacial, direccionalidad y lateralidad.



Figura 23. Recta numérica

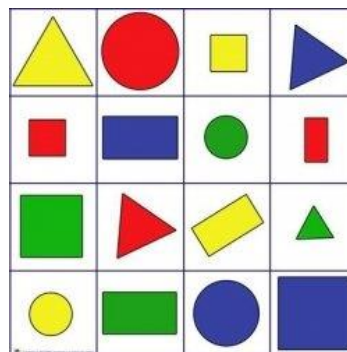


Figura 24. Figuras geométricas

También se puede trabajar en torno a los contenidos de conocimiento del medio, construyendo tapetes temáticos que contengan una casilla de salida y otra de llegada y caracterizando a Bee-Bot en función de la temática considerada. Esto permite que el niño pueda crear diferentes trajes a Bee-Bot (utilizando un molde) y de esta forma desarrolla la expresión plástica y la creatividad.

No debemos olvidar los tapetes que permiten a los niños trabajar el área de identidad y autonomía personal. La creación de hábitos y el conocimiento de sí mismos y de los demás hacen que los niños refuercen su autoestima y les ayuda a tener más capacidad de decisión y responsabilidad.

Una versión mejorada del Bee-bot es el Blue-bot.



Figura 25. Blue-bot

El funcionamiento de este robot es el mismo pero lo que destaca es su carcasa totalmente transparente, los LEDs azules y su ampliación de memoria, el Blue-Bot puede almacenar hasta 200 instrucciones. Además tiene integrado un sistema de comunicación Bluetooth que permite conectarse con el dispositivo móvil usando la aplicación gratuita para IOS y Android. Esta APP permite jugar e interactuar con el robot utilizan alfombras virtuales distintas, varios modos de funcionamiento y diferentes juegos educativos.

ESCORNABOT

Escornabot es un proyecto de robot educativo abierto para iniciar a los niños y niñas más pequeños en el campo de la robótica y la programación. El Escornabot puede ejecutar secuencias de movimientos que son programadas por el usuario mediante la pulsación de las teclas del robot. Está basado en el Bee-Bot pero posee las ventajas de ser más económico, flexible y modificable al ser de hardware abierto y software libre.

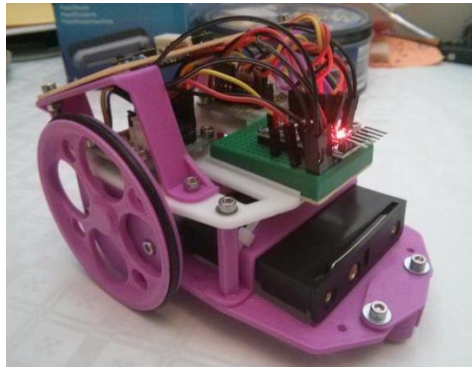


Figura 26. Escornabot

3.3 Elección de herramienta educativa

Tras analizar las distintas tecnologías educativas, la que me parece más interesantes es la de los robots educativos programables, ya que es algo novedoso y que inicia a los niños en el campo de la robótica y la programación.

Como ya se ha visto anteriormente existen muchos ejemplos en robots educativos programables en el mercado como por ejemplo: Bee-bot, Primo, etc.

El problema de los robots comerciales es que poseen muchas limitaciones a la hora de ser modificados y no siempre es posible. Por lo tanto este trabajo se basará en el proyecto de hardware abierto y software libre llamado Escornabot, que al no ser un kit comercial, es modificable.

El principal objetivo de este proyecto es construir un robot programable sencillo partiendo de cero. Al ser un robot creado por ti mismo puedes adaptar sus características a tus necesidades por ejemplo, añadiéndole o quitándole componentes como sensores y leds, modificando la distancia que avanza o el ángulo de giro etc. Así es posible conseguir un robot totalmente personalizado, más asequible económicamente que otros robots comerciales y además es flexible ya que puede ser modificado en cualquier momento. De esta forma será posible la implementación de las adaptaciones que se quieren realizar en este proyecto para que pueda ser una herramienta educativa accesible a niños con discapacidad visual.

4. Marco de trabajo

El prototipo basado en el Escornabot consta de varios elementos que pueden dividirse en dos apartados: las piezas creadas con la impresora 3D que formaran la estructura del robot y el resto de componentes que permitirán el ensamblaje de la estructura y el funcionamiento del robot.

4.1 Piezas imprimibles. Impresora 3D

Una impresora 3D es una máquina capaz de realizar impresiones de diseños tridimensionales, creando piezas o maquetas volumétricas a partir de un diseño hecho por ordenador, es decir, a partir de diseños virtuales (archivos CAD) se pueden crear piezas reales [56].

La impresión 3D es una tecnología que está en auge y que cada vez se utiliza en más sectores hoy en día.

Para mantener el requisito del bajo coste se han fabricado mediante impresión 3D la mayoría de las piezas de este proyecto. Debido a la aceptable robustez de las piezas producidas y a su bajo coste, se ha optado por la tecnología de impresión 3D por deposición de material.

Es una tecnología de fabricación por adición donde una pieza u objeto tridimensional se crea mediante la superposición de capas sucesivas de material fundido.

El material utilizado es esta tecnología es un filamento de plástico o metálico que se encuentra enrollado en una bobina. Este filamento se introduce en una boquilla caliente a temperatura superior a la temperatura de fusión de dicho material y que puede desplazarse en los 3 ejes de coordenadas.

Su movimiento es controlado a través de un software de ordenador donde se encuentra el diseño de la pieza que se quiere crear. Las piezas creadas estarán formadas por distintas capas de este material que se ha ido solidificando instantáneamente sobre la base en la que se deposita.

Existe un grupo en la Universidad Carlos III de Madrid para desarrollar impresoras 3D Open-Source [57]. El objetivo de este grupo es el desarrollo de robots avanzados mediante la tecnología de impresión 3D Open-Source

En este proyecto se ha utilizado, la impresora de la figura 30, llamada HIJA. Esta impresora es del modelo Prusa Air 2 del Proyecto Opensource Reprap y pertenece a la Asociación de Robotica de la UC3M.

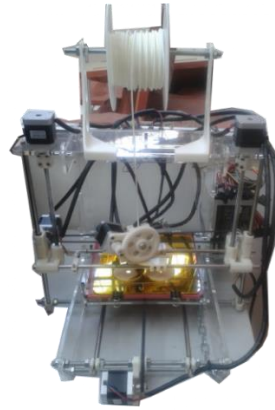


Figura 27. Impresora “HIJA”

El software utilizado para la impresión de las piezas ha sido el Slic3r.

Slic3r es la herramienta que permite convertir un modelo digital 3D, en las instrucciones para que la impresora 3D realice el objeto. Slic3r corta el modelo en rebanadas horizontales (capas), genera las trayectorias para rellenarlas y calcula la cantidad de material a extruir.

A continuación se describen cada una de las piezas que forman la estructura del robot.

El esqueleto principal de este robot está formado por dos plataformas, plataforma superior y plataforma inferior. Esto permite tener espacio suficiente para colocar el resto de componentes necesarios.

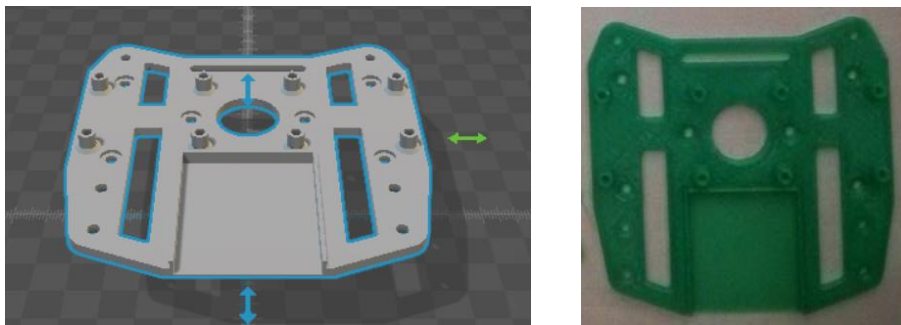


Figura 28. Plataforma superior

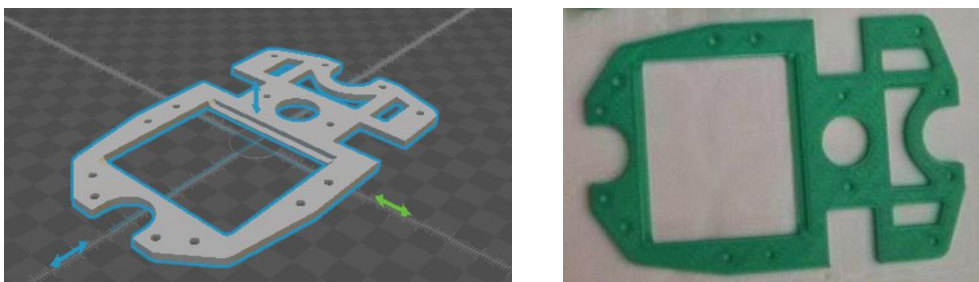


Figura 29. Plataforma inferior

Para unir estas dos plataformas serán necesarios unas piezas especiales de distintos tamaños. Se necesitarán dos separadores cortos de 28mm y dos separadores largos de 30mm.

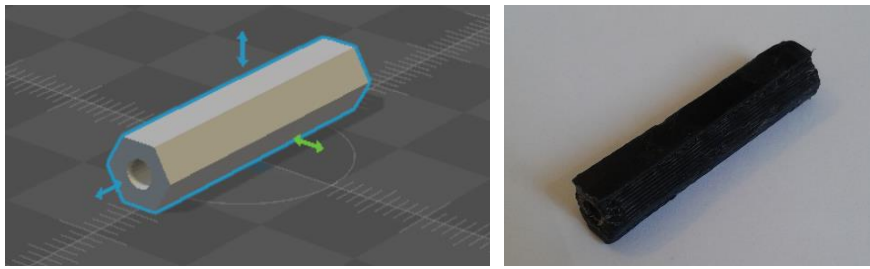


Figura 30. Separador

El robot posee dos ruedas que le permiten desplazarse. El diseño de las ruedas está pensado conjuntamente con el tamaño de las plataformas anteriores para que la altura sea la adecuada. En cada rueda existe un canal en el canto donde posteriormente se colocará una junta tórica para facilitar la tracción del robot.

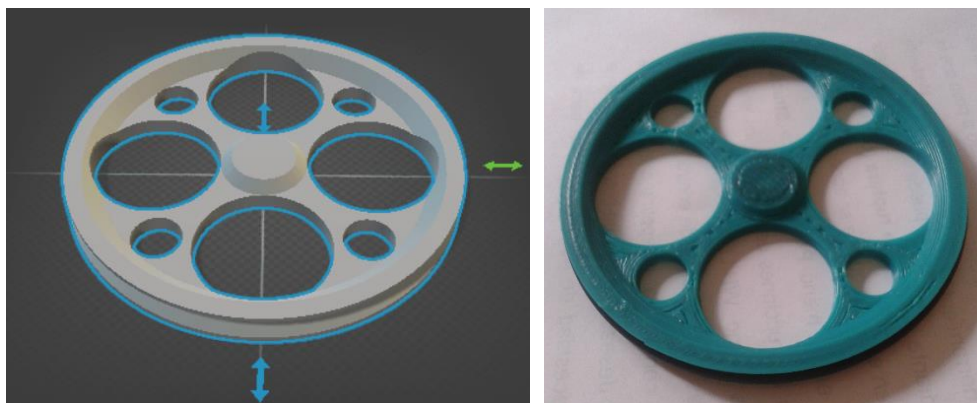


Figura 31. Rueda

Para conseguir el equilibrio en el robot serán necesarios dos apoyos móviles. En ellos se colocarán unas canicas para facilitar el movimiento y reducir el rozamiento.

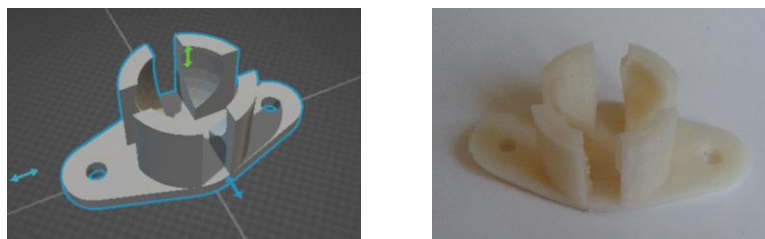


Figura 32. Soporte canicas

Con el fin de mantener sujetos el resto de componentes se usarán una serie de soportes que indicaremos a continuación: un soporte portapilas, dos soportes de motores y dos soportes para la botonera.

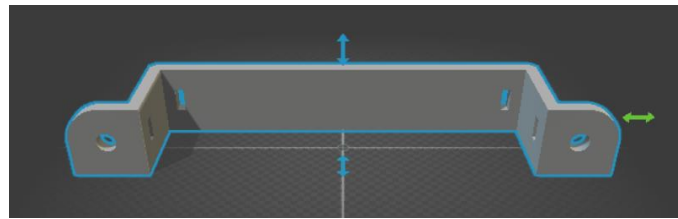


Figura 33. Soporte portapilas

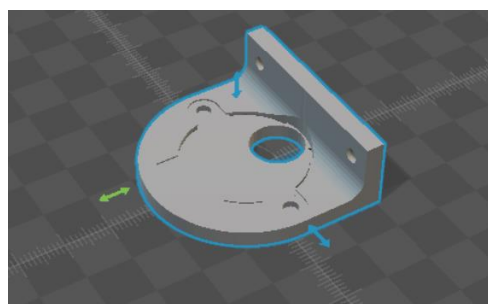


Figura 34. Soporte de motores

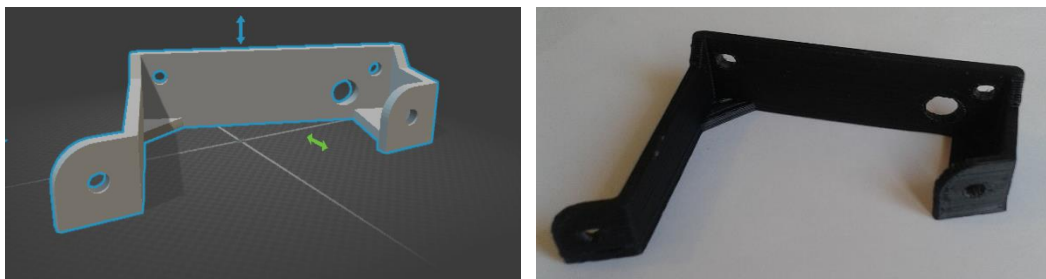


Figura 35. Soporte de la botonera

4.2 Componentes

Una vez mencionadas las piezas que se crearán con la impresora 3D se mostrarán a continuación el resto de componentes que forman el robot.

Arduino Nano

La plataforma de hardware que se usará será Arduino. El modelo de Arduino elegido para este proyecto será el Arduino Nano, que está basado en el microcontrolador ATmega328.

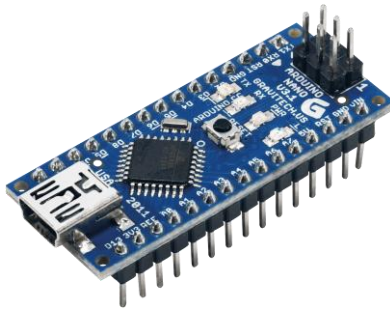


Figura 36. Arduino Nano

Sus principales características son:

- Tiene una entrada mini-USB a través de la cual se puede subir el código fuente para la ejecución de los comandos.
- Voltaje de operación 5V y voltaje de alimentación puede estar en el rango de 7 a 12 voltios
- Viene con 14 puertos digitales de entrada/salida, 8 puertos analógicos,
- Tiene una memoria flash de 32 KB, 2 KB de SRAM y 1KB de EPROM.
- Su velocidad de reloj es de 16 MHz
- La corriente máxima por cada pin de entrada y salida es de 40 mA.
- Dimensiones 18,5mm x 43.2mm

El Arduino Nano posee las mismas funcionalidades que cualquier otro Arduino, siendo económico y fácil de usar. La diferencia es que posee menos memoria y menos puertos de entrada y salida, pero la gran ventaja es su reducido tamaño, que permite colocarlo fácilmente en el poco espacio libre del robot.

Placa de conexiones

El Arduino Nano irá colocado en una pequeña placa de conexiones de 170pts. Esta placa irá colocada en la parte superior y en ella se realizarán las respectivas conexiones de los componentes con Arduino.



Figura 37. Placa de conexiones 170 pts

Motor

Al tratarse de un robot móvil, será necesario que posea motores que permitan su movimiento.

Para este proyecto se usará un pequeño motor paso a paso unipolar, el 28BYJ-48, muy común en el mundo Arduino por su pequeño tamaño y bajo coste. También se usará su controlador, basado en el chip ULN2003A.

Estos componentes serán usados para proporcionar movimiento al robot. Para hacer girar las dos ruedas del robot necesitaremos dos motores y sus respectivos drivers.



Figura 38. Motor y driver

Los motores paso a paso se posicionan con mucha precisión con un sencillo control digital y son ideales para robots porque se puede sincronizar su movimiento, velocidad y aceleración, con gran facilidad. Además están diseñados para que el par motor sea máximo a bajas velocidades.

El 28BYJ-48 es un pequeño motor muy habitual en los proyectos con pequeños robots y posicionadores caseros sencillos porque, aunque no es demasiado potente ni rápido, tiene otras características útiles además de ser muy barato.



Figura 39. Motor 28BYJ-48

Este motorcito unipolar tiene las siguientes características:

- Tensión nominal de entre 5V y 12 V.
- 4 Fases.
- Resistencia 50 Ω .
- Par motor de 34 Newton / metro

- Consumo de unos 55 mA.
- 8 pasos por vuelta.
- Reductora de 1 / 64.
- Peso: 37g.
- Dimensiones: diámetro 28mm, largo 20mm sin incluir el eje de 9mm.
- Longitud del cable: 23cm.
- Diámetro del eje: 5mm, aplanado a 3mm.

Se puede observar que su consumo es muy bajo, y por lo tanto está dentro del rango que el USB proporciona a Arduino.

Este motor se alimentará mediante el driver de potencia, que contiene un integrado del tipo ULN2003A.

Driver de potencia

Esta tarjeta está diseñada con el objetivo de utilizar el integrado ULN2003 (matriz de transistores Darlington de alta tensión y alta corriente) para el control de un motor paso a paso, en este caso el motor unipolar de 5 líneas 28BYJ-48. Dispone de un conector para el motor y de unos pines (IN1 – IN4) para conectar al Arduino.



Figura 40. Driver de potencia (ULN2003)

Sus características principales son:

- Compatible con Arduino
- Voltaje de alimentación de 5V a 12V
- Salida protegida con diodos.
- Indicador de enciendo.
- Indicadores de funcionamiento de 4 salidas.
- soporta hasta 500 mA
- Dimensiones 3.5 cm x 3.2 cm x 1 cm
- Peso 6 g

Este driver de motores es un controlador económico, estable y de altas prestaciones, equipado con LEDs indicadores de estado y fácil de usar.

Las conexiones de los drivers con Arduino se realizarán con cables macho-hembra.



Figura 41. Cables Macho-hembra

Portapilas

Para alimentar el motor serán necesarias cuatro pilas A4 que irán colocadas en un portapilas R-6 A4. El modelo del portapilas R-6 debe ser plano para que pueda encajar en el robot.



Figura 42. Portapilas

Juntas tóricas

Se necesitarán dos juntas tóricas (63x3mm de tamaño) que se colocarán en las ruedas para mejorar el rodamiento de las mismas.



Figura 43. Juntas tóricas

Botonera

La botonera es el componente que permite la programación de los movimientos del robot. Está formada por un circuito soldado en una placa en el cual se encuentran los pulsadores con los que se programará el robot. Consta de los siguientes elementos:

- Una stripboard de 94 x 53 M4 de cobre a la cual se le soldarán los componentes que forman el circuito de la botonera.
- Seis pulsadores de 6x6mm con cuatro patillas, que permitirán que el usuario interactúe con el robot.



Figura 44. Pulsadores

- Las resistencias necesarias son:

Siete de $1k\Omega$ (1/4 watio)



Figura 45. Resistencia 1 $k\Omega$

Una de $100k\Omega$ (1/4 watio)



Figura 46. Resistencia 100 $k\Omega$

- Los cables y conectores necesarios para las conexiones (pines, headers)

Otros componentes

- Dos bridas de 98x2.5mm para sujetar el portapilas a su soporte.
- Dos bolas de acero o canicas de 14,5 de diámetro que se colocarán en los puntos de apoyo para disminuir el rozamiento.
- Para unir las piezas se necesitaran 30-32 tornillos M3 de 10 mm de longitud, 18 tuercas M3 y 32 arandelas M3.

5. Modificaciones para el uso adaptado

Las modificaciones realizadas serán para adaptar la herramienta tanto a niños con visión reducida como a niños con ceguera total. Basándonos en las alfombrillas de Bee-bot crearemos unos tapetes con cuadrículas por las cuales el robot se irá desplazando.

Los niños con ceguera parcial suelen tener problemas para distinguir los diferentes elementos de la alfombrilla por tanto los dibujos y figuras de estos tapetes deberán ser de gran tamaño, colores llamativos y con los bordes bien marcados para así aumentar su contraste y permitir que estos niños puedan distinguirlos.

Los niños con ceguera total en cambio no son capaces de saber cómo es la alfombrilla ni donde está situado el robot en cada momento. Para que estos niños sepan cómo es la alfombrilla y puedan dirigir al robot de una casilla a otra, se creará una tablilla guía de pequeño tamaño en la cual estará representada a escala reducida la cuadrícula de la alfombrilla. Además el contenido de sus casillas estará escrito en braille para facilitar su comprensión. Con el fin de hacer saber al niño con discapacidad visual dónde se encuentra el robot en la cuadrícula será necesario una tecnología que permita al robot localizar su posición y posteriormente comunicársela al usuario. Esto se consigue mediante la tecnología RFID como sistema de localización y un altavoz para que transmita, mediante síntesis de voz, su posición al usuario.

5.1 Alfombrilla

La alfombrilla es un tapete cuadrículado por donde se desplaza el robot. Cada casilla de la cuadrícula es diferente de las demás y representa algo en concreto. Estas casillas pueden tener números, letras, figuras o en el caso de las alfombrillas narrativas simplemente formar parte de un dibujo mayor.

En este proyecto se construirá una alfombrilla prototipo de 3x3 casillas y debajo de cada una de éstas irá colocada una tarjeta RFID de las mencionadas anteriormente.

Para construir la alfombrilla serán necesarios los siguientes materiales:

- Dos cartulinas blancas de 45x60cm, entre ellas irán colocadas las tarjetas RFID.
- Papel charol de colores, que nos permitirá que los dibujos de cada casilla sean más llamativos.
- Rotulador negro, para realizar las cuadrículas y bordear las figuras creando contraste con la cartulina.
- Pegamento y tijeras.

Utilizando figuras de diferentes colores y bordeándolas con rotulador negro se facilitará que los niños con visión reducida sean capaces de distinguir perfectamente las figuras de las casillas.

Para que los niños con discapacidad visual completa puedan hacerse una idea de cómo es la alfombrilla, se construirá una tablilla guía que represente la alfombrilla en relieve pero a pequeña escala. Al estar el contenido de las casillas escrito en braille permitirá que los niños sepan situar cada figura en la alfombrilla y así puedan ir guiando al robot de una casilla a otra. El robot al ir recorriendo las casillas comunicará su posición y el niño utilizando la tablilla será capaz de saber en todo momento donde está situado el robot.

Para construir la tablilla serán necesarios los siguientes materiales:

- Un pequeño rectángulo de cartón duro. 15x24 cm
- Una cartulina blanca del mismo tamaño.
- Cartulina negra para hacer los bordes de las cuadrículas y las figuras. Así se proporcionará relieve al dibujo.

5.2 RFID

Para que el robot reconozca la posición en la que se encuentra en la alfombrilla se podría haber utilizado la tecnología de códigos de barras, ya que es la más extendida en la actualidad para la identificación, pero su gran desventaja es que no puede ser programable. En la actualidad la tecnología RFID es la que está en auge y está sustituyendo poco a poco a las etiquetas de códigos de barras y a las tarjetas magnéticas en todas sus aplicaciones. Esto es debido a que no requiere línea de visión ni intervención humana, la distancia de lectura es mayor e incluso se pueden leer varios artículos a la vez. Además no le afectan los ambientes sucios y pueden ser programables, poseen la capacidad de lectura y escritura.

La tecnología RFID (Radio Frequency IDentification, en español identificación por radiofrecuencia) es una tecnología que permite la captura automática de datos identificando objetos mediante el uso de ondas de radio frecuencia. El propósito fundamental de la tecnología RFID es transmitir la identidad de un objeto (similar a un número de serie único) mediante estas ondas.

Todo sistema RFID se compone de un lector y unas etiquetas. El lector es el encargado de leer y escribir la información almacenada en la etiqueta. Una etiqueta RFID es un dispositivo pequeño, como una pegatina o una tarjeta, que puede ser adherida o incorporada a un producto, animal o persona. Las etiquetas RFID poseen un chip, donde se encuentra la información y una antena que les permite recibir y responder a peticiones por radiofrecuencia desde un emisor-receptor RFID.

Las etiquetas pueden leerse a distancia sin contacto físico o línea de visión con el lector.

Para obtener respuesta de una etiqueta RFID, el lector emite una onda de radio. Cuando la tarjeta se encuentra dentro del rango del lector, le responde identificándose a sí misma.

Existen gran variedad de dispositivos RFID en el mercado, por lo tanto, en primer lugar se debe hacer un estudio de los posibles sistemas RFID que se podrían usar.

La primera gran clasificación divide estos dispositivos en dos tipos según su frecuencia, los de baja frecuencia de 125 KHz y los de alta frecuencia de 13.56Mhz. Como ya hemos mencionado anteriormente Arduino es una plataforma que contiene muchas extensiones para facilitar su uso y aumentar sus aplicaciones, por lo tanto, posee módulos de RFID de ambas frecuencias que se acoplan en el módulo de comunicación.

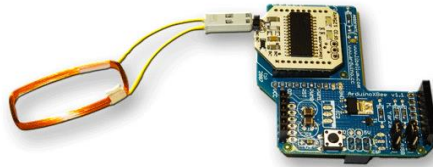


Figura 47. Modulo RFID 125Khz de Arduino



Figura 48. Módulo RFID 13.56Mhz de Arduino

Desgraciadamente estos dispositivos no son válidos para este proyecto ya que los módulos se acoplan a la perfección a Arduino Uno o similares en cambio, en este caso, se está utilizando Arduino nano que no posee espacio para acoplar los módulos.

Por lo tanto los dispositivos RFID, que no son módulos de Arduino, más utilizados en pequeños proyectos son los siguientes:

RFID Reader RDM6300

Es un módulo RFID de bajo coste de 125KHz y compatible con Arduino. Puede utilizarse con tarjetas del tipo EM4100 tanto de solo lectura como de lectura y escritura. Está formado por el chip y la antena externa capaz de reconocer las tarjetas hasta a 5cm de distancia.

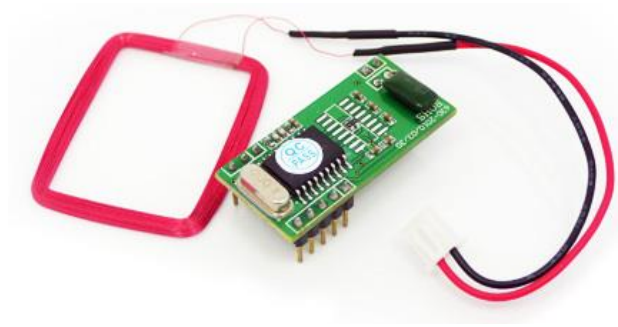


Figura 49. RFID Reader RDM6300

Sus principales características son:

- Corriente máxima: 50mA
- Frecuencia de operación: 125Khz
- Distancia de lectura: 50mm
- Dimensiones del módulo: 38.5mm×19mm×9mm
- Temperatura de operación: -10 a 70 °C
- Humedad de operación: 0%-95%
- Voltaje de alimentación: 5V

Este dispositivo es muy adecuado para pequeños proyectos pero tiene el inconveniente de que la antena es externa, no está integrada en el propio dispositivo.

RFID-RC522



Figura 50. RFID-RC522

El chip RC522 es utilizado en procesos de lectura y escritura para la comunicación inalámbrica RFID con una frecuencia de 13.56 MHz.

El módulo utiliza 3.3V como voltaje de alimentación y se controla a través del protocolo SPI, por lo que es compatible con casi cualquier microcontrolador, Arduino o tarjeta de desarrollo.

El dispositivo es compatible con tarjetas de ISO14443A y soporta el algoritmo de encriptación Quick CRYPTO1 y MIFARE. Además alcanza una transmisión bidireccional de datos de hasta 424 kbit/seg.

Sus principales características son:

- Corriente de trabajo: 13-26mA
- Corriente máxima: 30mA
- Distancia de lectura: 0 a 60mm
- Velocidad de datos máxima: 10Mbit/s
- Dimensiones del módulo: 40 x 60 mm
- Temperatura de operación: -20 a 80 °C
- Humedad de operación: 5%-95%
- Voltaje de alimentación: 3.3V
- Frecuencia de operación: 13.56Mhz
- Protocolo de comunicación: SPI

Es uno de los más utilizados por su bajo consumo de energía así como por ser compatible con la tecnología TTL. Además su precio es accesible y su tamaño reducido por lo que es idóneo para contadores inteligentes y proyectos que requieran poco espacio y gran portabilidad.

Por todas estas características es un claro apoyo en la creación de proyectos para identificación, puntos de acceso y seguridad.

Finalmente el lector utilizado será el RFID- RC522 ya que es de alta frecuencia y además la antena está integrada en el propio dispositivo de tal forma que ocupa menos espacio.

Al utilizar un lector que maneja el ISO14443A, solo será capaz de detectar tarjetas de este mismo tipo, por ello se han utilizado las tarjetas de Mifare para que no se tengan problemas de compatibilidad.



Figura 51. Tarjetas RFID

En este proyecto se utilizarán nueve tarjetas de este tipo para la alfombrilla de nueve casillas que se construirá como ejemplo.

5.3 Altavoz

Una vez elegido el dispositivo RFID que permitirá al robot situarse en la alfombrilla es necesario encontrar un dispositivo que le permita reproducir en alto su posición.

Se realizará un estudio de los diferentes altavoces disponibles en el mercado. Más concretamente se buscarán altavoces con impedancia de 8ohm y de reducido tamaño.

Altavoz Visaton 2915

Es un altavoz de gama completa con diafragma y carcasa de plástico y de un tamaño adecuado. La respuesta de frecuencia es amplia y su impedancia de 8 ohm es suficiente para pequeños proyectos.



Figura 52. Altavoz Visaton 2915

Las características principales son:

- Frecuencia de Resonancia: 300Hz
- Respuesta en Frecuencia Máxima: 17000Hz
- Respuesta en Frecuencia Mínima: 180Hz
- Impedancia: 8ohm
- Diámetro: 46 mm
- Potencia nominal: 2 W
- Potencia máxima: 3 W

Altavoz Pro signal S066M

El altavoz tiene la impedancia adecuada de 8ohm. El diámetro es un poco mayor pero sigue siendo de tamaño adecuado para el prototipo.



Figura 53. Altavoz Pro signal S066M

Las características principales son:

- Respuesta en Frecuencia Máxima: 4.5kHz
- Respuesta en Frecuencia Mínima: 350Hz
- Impedancia: 8ohm
- Potencia Nominal RMS: 1.5W
- Potencia máxima: 3W
- Diámetro: 66 mm

Altavoz Visaton 2220

Es un altavoz de gama completa muy compacto. Su respuesta de frecuencia (350 Hz) es muy equilibrada y posee una buena distribución de sonido omnidireccional. La carcasa de forma cuadrada posee agujeros en sus esquinas para su mejor acoplamiento.



Figura 54. Altavoz Visaton 2220

Las características principales son:

- Frecuencia de Resonancia: 350Hz
- Respuesta en Frecuencia Máxima: 20000Hz
- Respuesta en Frecuencia Mínima: 200Hz
- Impedancia: 8ohm
- Potencia Máxima : 5W
- Potencia Nominal RMS: 3W
- Diámetro: 50 mm

Finalmente el altavoz utilizado será el Altavoz Visaton 2220. Este altavoz posee la mayor potencia y además los cuatro agujeros nos permitirán sujetarlo a la perfección a la parte delantera de la estructura del robot mediante gomas elásticas, ya que el espacio disponible es escaso.

6. Implementación

Una vez mencionadas todos los elementos necesarios para la implementación del robot y de sus adaptaciones, ya es posible realizar el montaje y la programación del robot. Este capítulo se dividirá en dos grandes grupos, hardware y software.

6.1 Hardware

En esta apartado del trabajo se describirán los pasos a seguir para el ensamblaje del robot. En primer lugar se montará la botonera, que será un componente analógico. Posteriormente se explicará el montaje general del robot y sus correspondientes conexiones. Por último se creará una alfombrilla de ejemplo con su correspondiente tablilla guía.

6.1.1 Botonera

Las resistencias y los pulsadores se soldarán en una stripboard de cobre formando la botonera. De esta forma se podrá colocar en la parte superior del robot y así el usuario podrá programarlo cómodamente.

El esquema de las conexiones de la botonera se muestra a continuación:

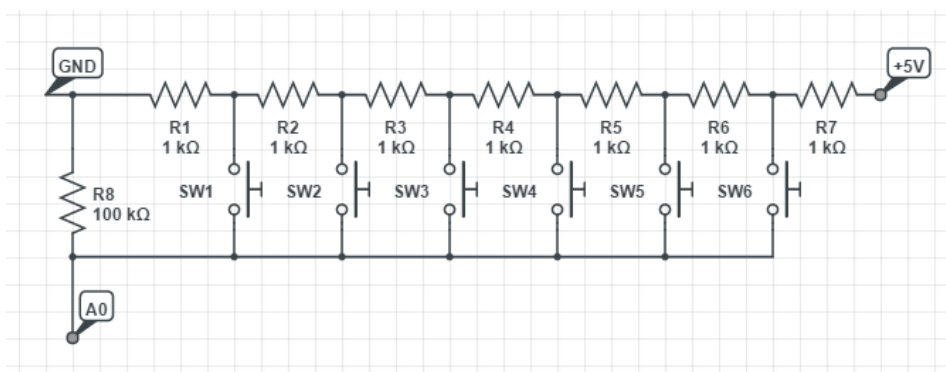


Figura 55. Esquema conexión botonera

La disposición de los pulsadores en la placa de cobre puede observarse en la figura 56.

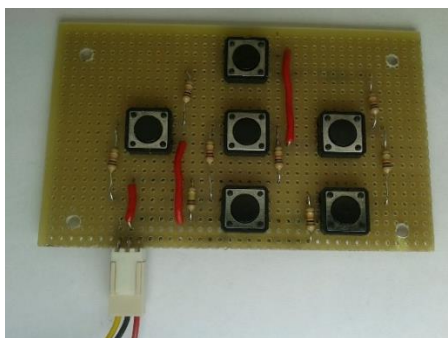


Figura 56. Botonera

De tal forma que los botones superior e inferior permitirán al robot desplazarse hacia delante y hacia atrás, el de la izquierda y derecha le harán girar hacia el lado correspondiente, el botón central será el que permita el movimiento tras haber definido las instrucciones y por último el pulsador inferior derecha reseteará los movimientos guardados.

Como puede observarse en la figura 57 existen 3 cables libres que posteriormente se conectarán al Arduino.

6.1.2 Montaje

Una vez expuestos todos los materiales necesarios se procede al montaje del robot. Para ello serán necesarios un destornillador, una lima y unos alicates.

En primer lugar se ajustará el portapilas a su soporte con dos bridas y posteriormente se unirá a la plataforma inferior. En esta misma plataforma también se colocarán los portacáncas y los separadores con tornillos, arandelas y tuercas.

Por otro lado se atornillarán los motores a los portamotores y se colocarán en la parte inferior de la plataforma superior. En la parte superior de esta misma plataforma irán situados los drivers.

A continuación se unirán las dos plataformas por medio de los componentes separadores permitiendo conectar los motores a sus respectivos drivers.

Después se atornillarán los soportes para la botonera y la placa de conexiones se pegará en la plataforma superior. En esta placa se colocará el Arduino Nano.

Para poder colocar la botonera será necesario perforar agujeros en las cuatro esquinas de la stripboard de manera que coincidan con los agujeros que existen en los soportes de la botonera. La botonera se unirá al soporte mediante tornillos, arandelas y tuercas.

El lector RFID irá colocado en la plataforma inferior de tal forma que la antena coincida con el agujero. El altavoz se sujetará mediante gomas elásticas en la parte delantera.

Por último se realizarán las conexiones necesarias.

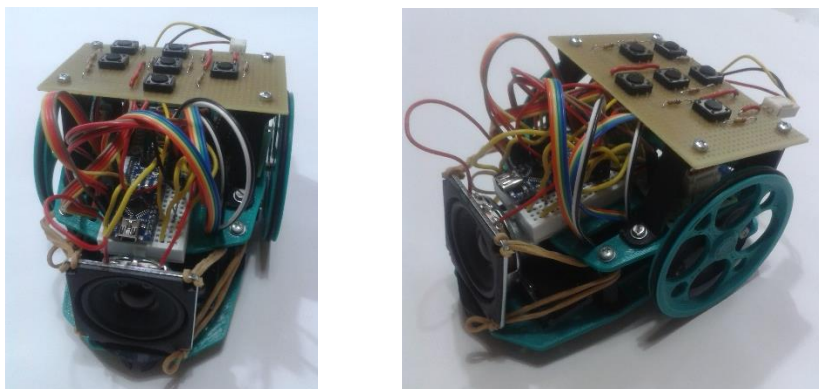


Figura 57. Prototipo tras el montaje

6.1.3 Conexiones

Una vez explicado el montaje del robot y los distintos componentes que posee, es necesario explicar cómo se deben conectar entre ellos para que sea posible el funcionamiento del robot.

A continuación se encuentran dispuestas en una tabla las conexiones de los distintos componentes con el Arduino. Como hemos mencionado anteriormente el Arduino irá colocado en la pequeña protoboard y en ella se realizarán las conexiones con los cables macho hembra en el caso de los drivers y con cable normal en el resto.

	<i>Pin componente</i>	<i>Pin Arduino</i>
Driver motor izquierdo	IN1	2
	IN2	3
	IN3	4
	IN4	5
	-	GND
	+	RAW
Driver motor derecho	IN1	6
	IN2	7
	IN3	8
	IN4	9
	-	GND
	+	RAW
Botonera	5V (rojo)	VCC
	GND (negro)	GND
	Señal (amarillo)	A0
Pilas	rojo	RAW
	negro	GND
Zumbador	-	GND
	+	10
Rfid	SDA	11
	SCK	12
	MOSI	13
	MISO	A1
	GND	GND
	RST	A2
	3.3V	3.3V

Figura 58. Tabla de conexiones

6.1.4 Alfombrilla

Una vez terminado el robot, se construirá la alfombrilla. En la alfombrilla prototipo se utilizará como tema los números. La cuadrícula será de 3x3 y en cada casilla irá colocado un número del uno al nueve.

En una cartulina blanca se dibujará una cuadrícula de 3x3 casillas cada una de ellas de 15x15 cm. En tres de los laterales se dejará un margen de 2.5 cm. En la parte inferior de dejará mucho más margen para que pueda ser la posición de inicio del robot.

Las líneas de la cuadrícula se realizarán con un rotulador negro grueso para que queden bien marcadas.

Se recortarán los números en papel charol, cada uno de un color y se pegará cada número en su casilla correspondiente. Además se recortará una figura en negro con forma de flecha que indicará la posición de inicio del robot. Esta flecha se pegará en la parte inferior, fuera de la cuadrícula.

Por último se bordearán los números con un rotulador negro para que el contenido de las casillas resalte sobre la cartulina blanca.

Por otro lado se utilizará otra cartulina del mismo tamaño que la anterior que irá situada debajo. En esta cartulina irán pegadas las tarjetas RFID de tal forma que cada una de ellas coincidir con el centro de las casillas del juego. Así se conseguirá que utilizando las mismas tarjetas se puedan realizar distintos juegos, solamente será necesario cambiar la cartulina superior y variar la acción que realiza el robot al pasar por encima de cada una de las tarjetas.

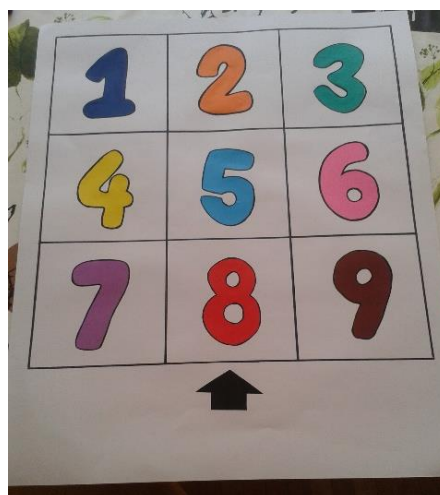


Figura 59. Alfombrilla números

Para hacer la tablilla guía se pegará una cartulina blanca encima de un cartón duro. En ella se dibujará a pequeña escala la cuadrícula de la alfombrilla. Para proporcionar relieve, las líneas de la cuadrícula se realizarán pegando estrechas tiras de cartulina

negra, al igual que la flecha que indica el punto de inicio. En cada una de las casillas se pegarán accesorios decorativos negros de forma circular para escribir en braille los números correspondientes.

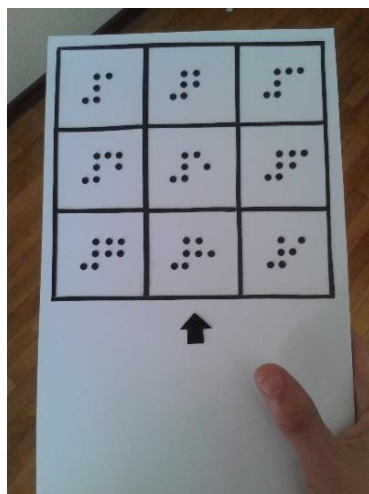


Figura 60. Tablilla guía

Se dejará suficiente margen en la parte inferior de la tablilla para facilitar que el niño la pueda sujetar con las manos.

6.2 Software

Como ya hemos mencionado anteriormente se utilizará Arduino para la programación. El código para el movimiento del robot está basado en el código del proyecto escornabot, al cual ha sido necesario realizar algunas modificaciones para poder utilizarlo con el prototipo creado.

Para la localización de la posición del robot en la cuadrícula, se ha usado la librería de Miguel Balboa del MCR225, que es la librería oficial del dispositivo RFID utilizado en este proyecto). También será necesaria la librería SPI.h que ya está incluida en las propias de Arduino.

Para la síntesis de voz y conseguir que el robot hable y comunique la información tanto del botón pulsado como de la casilla en la que se encuentra, se ha empleado la librería talkie.h.

En primer lugar se mostrará un diagrama que representa el funcionamiento del robot y posteriormente se hablará del código y de cada una de las librerías utilizadas.

6.2.1 Esquema del funcionamiento

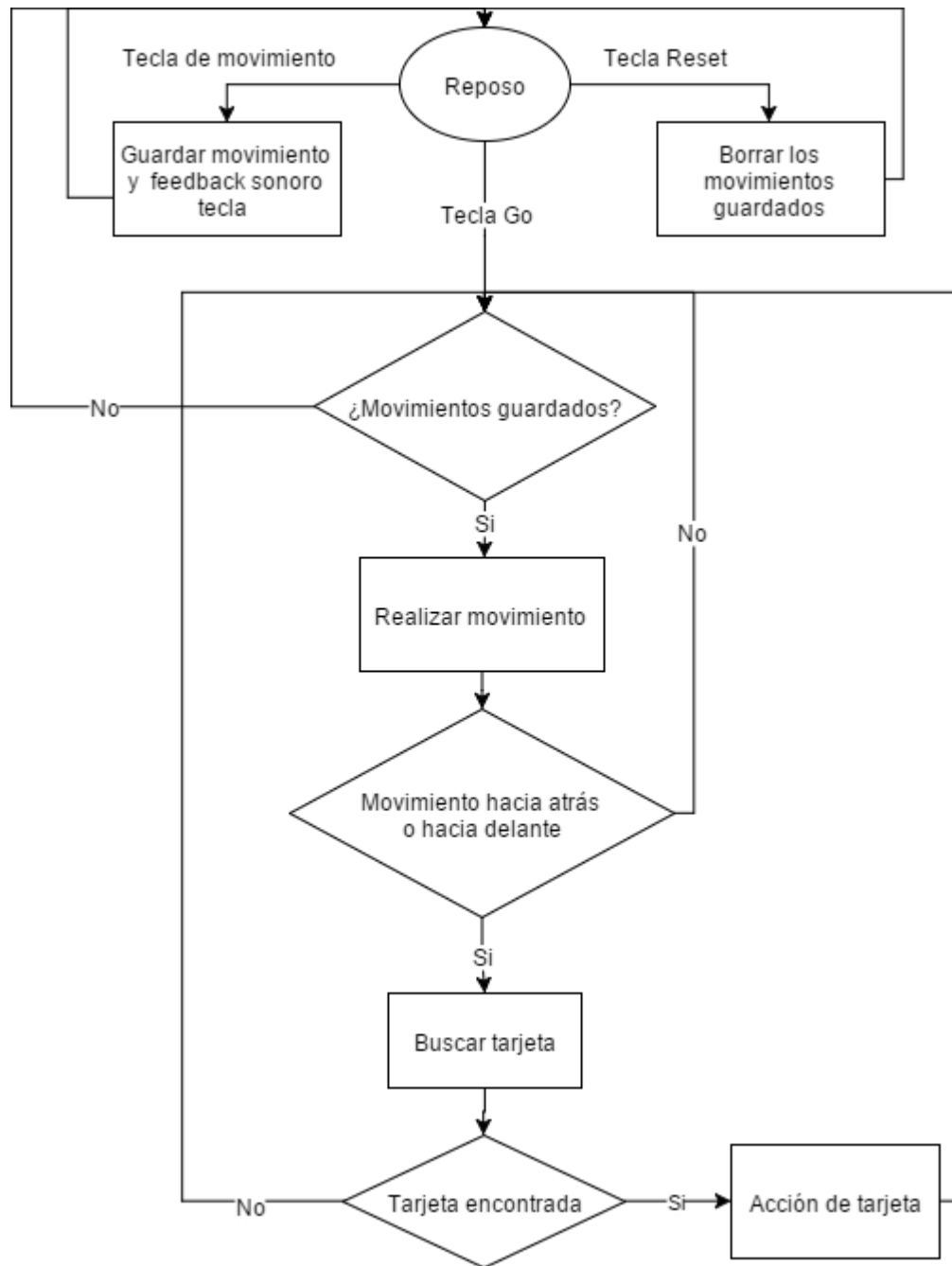


Figura 61. Esquema del funcionamiento

6.2.2 Síntesis de voz

Como ya hemos mencionado anteriormente se utilizara la librería Talkie.h. Es una implementación de software de Texas Instruments de síntesis de voz que funciona a partir de un vocabulario fijo. Talkie contiene más de 1000 palabras en inglés para incluir en los proyectos y hoy en día se utiliza en muchas aplicaciones. El procedimiento empleado, usando números hexadecimales, está basado en una tecnología de síntesis de voz creada a finales de los 70 y principios de los 80. Para poder utilizarlo en las nuevas versiones de Arduino ha sido necesario realizar algunos cambios.

Talkie es muy sencillo de usar, simplemente se incluye la librería, se declara el objeto talkie, en este caso es voice (voz en inglés) y después se incluyen a continuación las palabras que se desean utilizar. Cada una de estas palabras vienen definidas con su combinación de número en hexadecimal correspondiente. Por ejemplo para declarar la palabra “go” sería:

```
#include "talkie.h"

Talkie voice;

const uint8_t spGO[] PROGMEM = {0x06,0x08,0xDA,0x75,0xB5,0x8D,0x87,0x4B,0x4B,0xBA,
                                0x5B,0xDD,0xE2,0xE4,0x49,0x4E,0xA6,0x73,0xBE,0x9B,
                                0xEF,0x62,0x37,0xBB,0x9B,0x4B,0xDB,0x82,0x1A,0x5F,
                                0xC1,0x7C,0x79,0xF7,0xA7,0xBF,0xFE,0x1F};
```

La palabra clave PROGMEM es un modificador de variable que se encarga de guardar los datos en la memoria flash en vez de en la memoria SRAM que es donde normalmente se almacenan. Con las nuevas versiones de Arduino el modificador de variable PROGMEM solo puede usarse con constantes, por lo tanto, para que el código de Talkie funcione ha sido necesario realizar algunas modificaciones.

En cada una de las declaraciones de las palabras ha sido necesario definir las variables como constantes, como se puede observar en la captura anterior.

En el archivo Talkie.h se cambió la línea número 16 definiendo como constante la variable.

```
//void say(uint8_t* address);
void say(const uint8_t* address);
```

En el archivo Talkie.cpp también fueron necesarios algunos cambios. Se definió como constante la variable en la línea 66 del código.

```
//void Talkie::say(uint8_t* addr) {
void Talkie::say(const uint8_t* addr) {
```

Y por último se realizó una conversión de variable (cast) en la línea 99 del código.

```
//setPtr(addr);
setPtr((uint8_t*) addr);
```

Una vez realizados estos cambios simplemente queda añadir en el setup del archivo del código principal las palabras que se desean reproducir.

```
void setup() {  
    voice.say(spGO);  
}
```

6.2.3 Localización de posición

En primer lugar se deben incluir las librerías MFRC522.h y SPI.h. La primera es la librería oficial del RFID utilizado y la segunda está incluida en las librerías de Arduino encargadas de la comunicación.

```
#include <SPI.h>  
#include <MFRC522.h>
```

A continuación se definen los pines utilizados para los puertos Reset y SS del dispositivo RFID.

```
#define RST_PIN      9  
#define SS_PIN      10
```

También se define una variable que será el número de tarjetas que se puedan leer y los números de identificación de cada una de las tarjetas usadas. La UIDNULL será un UID genérico que se podría asociar a una tarjeta que no esté registrada o en el caso de que ocurra algún error de lectura.

```
#define UIDSIZE 9  
  
int UIDNULL[] = {0x00, 0x00, 0x00, 0x00};  
int UID1[] = {0x79, 0x26, 0xD9, 0xAC};  
int UID2[] = {0x19, 0x3F, 0xE5, 0xAC};  
int UID3[] = {0x15, 0xE6, 0x54, 0x07};  
int UID4[] = {0x55, 0xD8, 0x60, 0x07};  
int UID5[] = {0xA5, 0xDE, 0x62, 0x07};  
int UID6[] = {0x85, 0xE6, 0x5B, 0x07};  
int UID7[] = {0xE5, 0xF6, 0x60, 0x07};  
int UID8[] = {0xEA, 0xF7, 0x2E, 0x00};  
int UID9[] = {0xCD, 0x31, 0x1D, 0x00};
```

Posteriormente se inicializan los puertos de comunicación serial, el SPI y el MFRC522.

```
MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN);    // Create MFRC522 instance.  
  
void setup() {  
    Serial.begin(9600);                // Initialize serial communications with the PC  
    while (!Serial);                   // Do nothing if no serial port is opened  
    SPI.begin();                       // Init SPI bus  
    mfrc522.PCD_Init();                // Init MFRC522 card
```

Para identificar la tarjeta detectada por el lector se implementan varias funciones. Con ellas se irán comparando cada uno de los números de identificación almacenados con el de la tarjeta que se está leyendo. Para ello se comprobará, mediante una iteración, que cada uno de los cuatro términos del array sea igual a los del previamente almacenado.

```

bool uIDMatches(int* uid) {
    for (int i = 0; i < 4; i++)
    {
        if (mfrc522.uid.uidByte[i] != uid[i])
            return false;
        else if(i == 3)
        {
            return true;
        }
    }
    return false;
}

int getStoredUIDIndex() {
    for (int i = 1; i <= UIDSIZE; i++)
    {
        int* val = getStoredUID(i);
        if(uIDMatches(val))
            return i;
    }
    return -1;
}

int* getStoredUID(int j)
{
    switch(j)
    {
        case 1:
            return UID1;
        case 2:
            return UID2;
        case 3:
            return UID3;
    }
}

```

Será necesario añadir también las funciones definidas en la librería MFRC522 encargadas de que detecten la presencia de una tarjeta y lean su número de identificación.

```

void loop() {
    // Look for new cards
    if ( ! mfrc522.PICC_IsNewCardPresent() )
        return;

    // Select one of the cards
    if ( ! mfrc522.PICC_ReadCardSerial() )
        return;
}

```

Una vez identificada la tarjeta introducida gracias a las funciones ya mencionadas, se llevará a cabo la acción asociada a la misma. De esta forma el robot comunicará en la casilla de la alfombrilla que se encuentra.

```

int* uIDActionMapper(int n)
{
    switch(n)
    {
        case 1:
            voice.say(spNUMBER);
            voice.say(spONE);
            break;
        case 2:
            voice.say(spNUMBER);
            voice.say(spTWO);
            break;
        case 3:
            voice.say(spNUMBER);
            voice.say(spTHREE);
            break;
    }
}

```

6.2.4 Movimiento del robot

Para el movimiento del robot se ha utilizado el código del proyecto Escornabot. Se ha configurado de tal forma que funcione con el prototipo usado en el proyecto. La configuración se realiza en el archivo Configuration.h, se deberá determinar que los motores son paso a paso, los pulsadores son analógicos y configurar los valores de entrada de cada uno de los botones al ser pulsados.

```

// input values for each key pressed
#define BS_ANALOG_VALUE_UP 575
#define BS_ANALOG_VALUE_RIGHT 721
#define BS_ANALOG_VALUE_DOWN 287
#define BS_ANALOG_VALUE_LEFT 430
#define BS_ANALOG_VALUE_GO 143
#define BS_ANALOG_VALUE_RESET 871

```

Una vez configurado el código se introducirán las librerías del RFID y de Talkie y se iniciarán como se ha explicado anteriormente.

Cada vez que el usuario pulse un botón, el robot lo comunicará con una respuesta de voz. En el bucle del loop principal del código se introducirá la función de talkie con la palabra que corresponda, estas palabras deberán ser definidas anteriormente tal y como se explica en el apartado talkie. De esta forma se reproducirán las palabras, up, down, right, left, reset and go al presionar los pulsadores.

```

void loop() {
    switch (BUTTONS->scanButtons()) {

        case ButtonSet::BUTTON_GO:
            go();
            voice.say(spGO);
            break;
    }
}

```


Además cada vez que el robot realice un movimiento deberá ejecutarse el lector para saber en qué casilla se encuentra. Para ello se llamará a la función del RFID en el archivo encargado del movimiento, engine.cpp.

```
case MOVE_FORWARD:
    moveStraight(1);
    if ( ! mfrc522.PICC_IsNewCardPresent() )
        return;
    if ( ! mfrc522.PICC_ReadCardSerial() )
        return;
    uIDActionMapper(getStoredUIDIndex());
    break;
```

7. Pruebas del sistema

En este apartado de la memoria se van a especificar las pruebas que se han realizado para comprobar que la herramienta funciona correctamente y cumple todas las funcionalidades descritas anteriormente.

Antes de realizar las pruebas del sistema se realizó la comprobación del funcionamiento de cada uno de los componentes por separado. Todos los componentes funcionaron correctamente, exceptuando el lector RFID que hacía mal contacto y fue necesario soldar las conexiones.

A continuación, con la plataforma ya montada, se realizaron pruebas de software, comprobando que tras las configuraciones en el código del escornabot, y la adaptación de la librería talkie.h a la nueva versión de Arduino la plataforma educativa funcionaba correctamente.

Se colocó el robot en la casilla de salida y se le indicó que realizara una serie de trayectorias. El robot ejecutó las órdenes correctamente llegando al destino deseado y realizando las acciones necesarias por el camino.

Una vez se comprobó el correcto funcionamiento de la herramienta se realizaron las pruebas del sistemas.

- **Robustez**
La prueba de robustez fue satisfactoria ya que reaccionó apropiadamente ante condiciones excepcionales, como por ejemplo la lectura de una tarjeta no almacenada, el pulsar el botón Go cuando no hay movimientos almacenados, etc
- **Durabilidad**
Teniendo en cuenta que los materiales son bastante resistentes y el diseño es compacto, ya que la mayoría de los componentes están atornillados, la prueba de durabilidad también fue satisfactoria.
- **Vida útil**
Esta herramienta educativa tiene un ciclo de vida útil prolongado ya que es de fácil mantenimiento y reparación. Esto se debe a que se puede reemplazar cada uno de sus componentes por separado en el caso de que no funcionen o estén en mal estado. Además al ser flexible es posible modificar, ampliar y mejorar la herramienta y así adaptar sus características a las necesidades que puedan surgir. Por ejemplo se pueden añadir o quitar componentes, modificar su configuración, aumentar su velocidad, añadir alfombrillas de diferentes temáticas, cambiar el tipo de juego e incluso modificar su diseño para hacerlo más moderno. Todo esto hace que la vida útil aumente considerablemente.

Tras superar todas las pruebas del sistema satisfactoriamente ya es posible realizar las pruebas con usuarios.

Se ha contactado con el responsable del Departamento de Educación de Servicios Sociales de la ONCE de Madrid y están programadas para realizarse estas pruebas en noviembre con niños de educación infantil con discapacidad visual.

El grupo será reducido de unos 3 o 4 niños y se irán turnando para programar el robot.

En primer lugar, como toma de contacto, les daremos una explicación del funcionamiento y les dejaremos probar uno a uno los botones del robot sin usar la alfombrilla. El niño podrá comprobar los movimientos del robot por medio del tacto.

A continuación empezaremos la primera actividad, de unos 20 minutos, que consistirá en que los niños recorran con el robot toda la alfombrilla desde el número uno hasta el nueve y posteriormente en orden descendente.

La segunda prueba consistirá en que los niños programen el robot desde la casilla de salida hasta el número que se le indique en español o en inglés. Esta prueba tendrá una duración de 20 minutos.

Por último, como prueba final, se les pedirá que programen al robot hasta el resultado final de una sencilla suma que se les propondrá previamente, haciendo que esta prueba tenga mayor dificultad. Esta última prueba durará de 20 a 30 minutos dependiendo de la habilidad de los niños.

Con estas pruebas se quiere verificar si se trata de una herramienta fácil de utilizar para estos niños, por ejemplo, saber si tienen dificultades en el uso de la tablilla guía, o al programar el robot. Y sobre todo comprobar si esta herramienta despierta su curiosidad, les llama la atención y en definitiva si les gusta y les divierte.

Al finalizar estas pruebas se anotarán las reacciones de los niños, se comprobará si la herramienta educativa está lista para su uso y las posibles mejoras que podrían realizarse.

8. Presupuesto

8.1 Costes de ejecución

En este apartado se desglosarán todos los costes asociados al trabajo. Estando divididos en hardware, software y personal.

8.1.1 Costes por hardware

Hardware	Precio	Cantidad	Total
Piezas imprimibles	2.00 €/hora	3 horas	6.00€
Arduino Nano	10.00€/ud	1ud	10.00€
Protoboard 170 pts	6.00€/ud	1ud	6.00€
Motor y su driver de potencia	6.00€/ud	2uds	12.00€
Cables Macho-hembra	0.20€/ud	11uds	2.20€
Portapilas	1.60€/ud	1ud	1.60€
Juntas tóricas	0.75€/ud	2uds	1,50€
Stripboar	3.60€/ud	1ud	3,60€
Pulsador	0.60€/ud	6uds	3.60€
Resistencia de 1 kΩ	0.01€/ud	7uds	0.07€
Resistencia 100 kΩ	0.01€/ud	1ud	0.01€
Bolas de acero	2.50€/ud	2uds	5.00€
Tornillos	0.08€/ud	28uds	2.24€
Arandelas	0.05€/ud	18uds	0.90€
Tuercas	0.07€/ud	20uds	1.40€
Bridas	0.01€/ud	2uds	0.02€
RFID-RC522	10.25€/ud	1ud	10.25€
Tarjeta RFID	1.00€/ud	9uds	9.00€
Altavoz	10.00€/ud	1ud	10.00€
Goma elástica	0.01€/ud	4uds	0.04€
Alfombrilla	3.00€/ud	1ud	3.00€
Tablilla guía	1.10€/ud	1ud	1.10€
Cableado y estaño			2.00€
			Total = 91.53€

Figura 62. Tabla de costes por hardware

8.1.2 Costes por software

Software	Precio	Precio Total
Arduino	0€	0€
Slic3r	0€	0€
		Total = 0€

Figura 63. Tabla de costes por software

8.1.1 Costes por personal

Personal	Cantidad de horas	Precio	Precio Total
Ingeniero junior	360	20€/h	7200€
			Total = 7200€

Figura 64. Tabla de costes por personal

8.2 Importe Total

Costes	Precio Total
Costes hardware	91.53€
Costes software	0€
Costes personal	7200€
	Total = 7291.53€

Figura 65. Tabla del importe total

9. Conclusiones y trabajos futuros

Una vez que se ha realizado el proyecto al completo, este capítulo estará dedicado a compilar todas las conclusiones que se han sacado a lo largo del mismo, además se propondrán de una forma razonada ampliaciones y aplicaciones futuras que derivarán de este proyecto.

9.1 Conclusiones

En este proyecto se ha mostrado como la importancia y el auge de las nuevas tecnologías en la sociedad ha hecho que sea necesario incluirlas en los centros educativos, sobre todo la materia de robótica educativa.

También se ha demostrado que es importante iniciar a los niños desde edades muy tempranas en la robótica educativa y a la programación informática ya que les ayuda a desarrollar las habilidades cognitivas.

Además se ha comprobado que el uso de esta tecnología facilita la relación de los niños con necesidades educativas especiales con su entorno, mejorando de esta manera su calidad de vida en los ámbitos personal, emocional y afectiva.

Tras investigar las características que tiene que poseer una herramienta educativa para ser accesible a niños con diferentes tipos de discapacidad, se ha verificado que muchas de estas herramientas no pueden ser utilizadas por estos niños creando así un problema de integración educativa.

Se ha mostrado que la discapacidad visual es una de las que más limitaciones tienen a la hora de utilizar las herramientas educativas del mercado y que por lo tanto podría decirse que es uno de los grupos que disponen de menos herramientas educativas accesibles.

Por este motivo para este proyecto se ha creado una herramienta educativa que por medio de adaptaciones pueda ser también accesible a niños con discapacidad visual.

En primer lugar se ha realizado un estudio de las herramientas educativas que existen. Siendo Bee-Bot la que más ha llamado la atención por ser un robot dinámico, diseñado para ser utilizado por niños pequeños, fácil de usar y amigable. Además de ser la herramienta perfecta para la enseñanza de la secuenciación, la estimación, la resolución de problemas y simplemente para la diversión.

Debido a la dificultad de modificar y adaptar los kits comerciales como Bee-bot en este proyecto se ha utilizado como base para la herramienta educativa el prototipo Escornabot. El hecho de que el robot sea de software libre y hardware abierto ha permitido realizar todos los cambios y modificaciones necesarias para adaptar la herramienta y que pueda ser usada por niños con discapacidad visual.

Teniendo en cuenta todo lo aportado anteriormente se ha construido un pequeño robot educativo que se controla con un sencillo software y permite a los alumnos aprender

por ensayo y error a programar sencillas tareas y conseguir que el robot realice trayectorias. Se ha creado una alfombrilla del estilo de las usadas por Bee-Bot por la cual irá desplazándose el robot. La temática utilizada para la alfombrilla ha sido los números.

Los dibujos y figuras de la alfombrilla se han hecho de gran tamaño, de colores llamativos y con los bordes bien marcados para así aumentar su contraste y permitir que los niños con visión reducida puedan distinguirlos.

Para que los niños con ceguera total sean capaces de tener una imagen de cómo es la alfombrilla se ha creado una tablilla manual que la representa con su contenido escrito en braille para facilitar su comprensión.

En cada una de las casillas de la alfombrilla se ha colocado una tarjeta RFID con un número de identificación diferente. Cada vez que el robot se sitúa encima de una de ellas, reconocerá su posición y la comunicará en inglés por medio de un altavoz. Esto permite que los niños con discapacidad visual puedan saber en todo momento donde se encuentra el robot y si ha llegado al destino deseado.

Todas estas modificaciones han permitido que esta herramienta sea accesible a niños con discapacidad visual y también han proporcionado las características adecuadas para ser una herramienta educativa adaptada para niños discapacitados.

Puede considerarse una herramienta educativa adaptada ya que posee un diseño similar al usado por niños sin discapacidad, permitiendo la participación de niños con discapacidad y sin ella y reduciendo la diferenciación entre ellos. Es versátil ya que permite la realización de diferentes juegos dependiendo del nivel requerido, en este caso no solo se podrían aprender los números sino realizar otros juegos de aprendizaje como pueden ser sencillas operaciones matemáticas. Además el diseño de la alfombrilla es atractivo para captar y mantener su atención y el manejo del robot es intuitivo y fácil.

Finalmente se convierte en una herramienta que no solo tiene un papel pedagógico, enseñando los números, practicando inglés y mejorando su visión espacial sino que también de forma lúdica les motiva y hace que aumente su autoestima ayudándoles a integrarse.

Tras exponer todo esto se puede decir que se han alcanzado la mayoría de los objetivos propuestos. Se ha conseguido desarrollar una plataforma didáctica para la educación infantil adaptada para que pueda ser usada también por niños con discapacidad, en este caso discapacidad visual. Además esta plataforma es de bajo coste, debido a que la mayoría de las piezas han sido creadas con la impresora 3D y flexible ya que se ha utilizado Arduino.

El único objetivo que no se ha podido alcanzar, debido a la falta de tiempo y disponibilidad, ha sido la realización de pruebas con niños con discapacidad visual. Estas pruebas serán realizadas en noviembre de 2015.

El desarrollo de este proyecto ha supuesto para mí un gran reto pero me ha permitido conocer en profundidad el mundo de la robótica educativa, el cual me parece apasionante y lleno de alternativas. Además la realización de este trabajo me ha hecho conocer la gran problemática de los niños discapacitados a la hora de utilizar las herramientas educativas del mercado y las posibles soluciones o adaptaciones para ayudarles a solucionar este problema.

También en este proyecto he podido afianzar y aplicar conocimientos ya adquiridos a lo largo de toda la carrera y he tenido la oportunidad de obtener conocimientos más específicos. Por ejemplo, he explorado más a fondo el mundo de Arduino y he aprendido a utilizar las impresoras 3D, tan presentes en el mundo actual que hasta ahora no había tenido oportunidad de usar.

Finalmente, se puede concluir que a pesar de las dificultades que me he encontrado por el camino, la realización de este proyecto ha supuesto un gran aprendizaje y una satisfacción personal.

9.2 Trabajos futuros

Las aplicaciones futuras de este trabajo estarán orientadas a la mejora del prototipo creado. Al realizarse con un hardware libre y un software abierto, es más fácil implementar las modificaciones que se deseen posteriormente.

- En primer lugar se deberán realizar pruebas con niños con discapacidad visual, observar sus reacciones y anotar las conclusiones. Estas pruebas, que se realizarán en noviembre, seguramente proporcionarán datos interesantes para mejorar el prototipo.
- Sería necesario diseñar diferentes alfombrillas de diversas temáticas para se puedan realizar diferentes juegos y por lo tanto la herramienta tenga mayor versatilidad.
- Se podría perfeccionar el aspecto del robot, haciendo que sea más amigable y con un diseño más bonito e infantil.
- Una gran mejora sería modificar los botones del robot proporcionándole un color más llamativo y aumentando su tamaño para facilitar su uso.
- En el caso de querer realizar ampliaciones de hardware, sería conveniente utilizar una plataforma de hardware más potente y con más pines ya que Arduino Nano tiene sus limitaciones.
- Como mejora se podría implementar que el robot pudiera ser controlado con el móvil por medio de bluetooth.
- Se podría conseguir que el robot, además de inglés, hablara español u otros idiomas. Algo que ha sido bastante complicado de conseguir debido a que Arduino no es una plataforma especializada en ello.
- Por último se podrían estudiar y realizar otro tipo de adaptaciones para permitir que puedan utilizar la plataforma niños con otro tipo de discapacidad.

Para finalizar se puede decir que todavía queda mucho por hacer en este campo y se espera que este documento pueda servir de guía y ayuda para el desarrollo de otros proyectos similares.

10. Referencias

- [1] Lidia Montes, “Robots colaborativos para las fábricas de PSA, BMW y Volkswagen”, *El mundo*, 26 de marzo de 2015
- [2] Jesús Méndez González, “Así opera el cirujano robot”, *El País, Barcelona*, 21 de agosto de 2015
- [3] J. Andrew Pruszynski, Jörn Diedrichsen, “Reading the mind to move the body”, revista *Science*, Vol. 348 nº 6237 páginas 860-861
- [4] Laura Tardón, “Un brazo robótico movido por la mente de un tetrapléjico”, *El mundo*, 21 de mayo de 2015
- [5] Teresa Guerrero, “El desafío de los robots asesinos”, *El mundo, Madrid*, 14 de abril de 2015
- [6] Manuel Planelles, “Llegan a Canarias los robots para sellar las fugas de fuel del pecio ruso”, *El País*, 9 de mayo de 2015
- [7] Alicia Rivera, “El robot Curiosity cumple un año marciano: 687 días terrestres”, *El País* 24 de junio de 2015
- [8] Javier Sampedro, “Cuando los robots tomen el mando y hagan la guerra”, *El País*, 3 de agosto de 2015
- [9] Luis Manuel Rafael, “Amazon propone crear un espacio aéreo exclusivo para entregar paquetes con drones”, *El mundo*, 27 de julio de 2015
- [10] EFE Tokio, “Sony se une a la fiesta de los drones”, *El mundo*, 23 de julio de 2015
- [11] Carla Pina, “Él limpia, tu disfrutas”, *El mundo*, 6 de octubre de 2014
- [12] Ángel Luis Sucasas, “Memoria robótica para aliviar el alzhéimer”, *El País*, 7 de abril de 2015
- [13] Ángel Luis Sucasas, “Autómatas como maestros de emociones para niños autistas”, *El País*, 16 de enero de 2015
- [14] José Manuel Abad Liñán, “El robot niño aprende solo”, *El País*, 4 de junio de 2015
- [15] José Pablo Jofré, “Proyecto Ko-HAF La apuesta alemana por la conducción autónoma”, *ABC*, 13 de agosto de 2015
- [16] Fernando Barciela, “Tecnología versus empleo, nuevo asalto”, *El País*, 6 de julio de 2014
- [17] María Climent, Andrea Pelayo Herrera, “Bajar el paro en la era digital y robótica, el gran desafío”, *El mundo*, 16 de mayo de 2014
- [18] Bosco V.Téllez, “La industria española ya es la octava más robotizada del mundo”, *ABC*, Madrid, 28 de octubre del 2014

- [19] Gatica, N., Ripoll, M., & Valdivia, J. (2005). La Robótica Educativa como Herramienta de Apoyo Pedagógico.
- [20] Odorico, Arnaldo. "Marco teórico para una robótica pedagógica." *Revista Informática Educativa y Medios Audiovisuales* 1.3 (2004): 34-46.
- [21] Ilvay Taday, Rómulo Byron. "Sistema de educación para niños de 3 a 5 años, mediante un robot controlado por el sensor Kinect." (2014).
- [22] Camars, "Proyecto de innovación: robótica educativa", 8 de abril de 2015
- [23] Educación 3.0, "Como introducir la robótica educativa en primaria", *La revista para el aula del siglo XXI*, 21 de mayo de 2015
- [24] CNIIE, "La clase de los Robots del CEIP Antonio Machado", *Blog del Centro Nacional de Innovación e Investigación Educativa*, 25 de abril de 2014
- [25] Educación 3.0, "Robotizando el Gonzalo", *La revista para el aula del siglo XXI*, 27 de julio de 2015
- [26] Lidia Montes, "Alternar la pelota y la comba con la programación y al impresión 3D", *El mundo*, 25 de julio de 2015
- [27] Fátima Elidriss, Madrid "Aprende jugando: robótica educativa", *El mundo*, 27 de diciembre de 2014
- [28] Daniel Moltó, Alicante "Los robots toman el aula...y los escenarios", *El mundo*, 13 de abril de 2015
- [29] Bravo Sánchez, F. A. y Forero Guzmán, A. (2012). La robótica como un recurso para facilitar el aprendizaje y desarrollo de competencias generales. *Revista Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*. 13(2), 120-136. 26 de agosto de 2012
- [30] Pacheco, Alberto, et al. "Reproductores Multimedia para la Consulta de Repositorios de Recursos Educativos Abiertos desde Dispositivos Móviles." *Memorias ELECTRO* (2013).
- [31] Rafecas, N.B., Dengra, M.C.C. Rodriguez, C.M.C, torres, J.M.T and Infantil,E. "Equilibramos con las Tics" (2014)
- [32] EFE, "Alumnos de primaria aprenden el lenguaje de software y aplicaciones robóticas", *ABC*, 12 de enero de 2015
- [33] EFE, Madrid, "130.000 alumnos estrenan el próximo curso escolar la asignatura de Programación en ESO", *El mundo*, 2 de septiembre de 2015
- [34] Europa Press, Madrid, "Todos los institutos de Madrid tendrán impresoras 3D y kits de robótica", *El mundo*, 17 de febrero de 2015
- [35] María González, "La unión Europea quiere llenar Europa de programadores", *Xataka apasionados por la tecnología*, 14 de octubre de 2014.

- [36] VALADÃO, Carlos, et al. Educational robotics as a learning aid for disabled children. En *Biosignals and Biorobotics Conference (BRC), 2011 ISSNIP*. IEEE, 2011. p. 1-6.
- [37] Aguado Díaz, A. L., and Alcedo Rodríguez. "Necesidades Educativas especiales derivadas de la discapacidad física." (2001).
- [38] Besio, S., Caprino, F., & Laudanna, E. (2008). *Profiling robot-mediated play for children with disabilities through ICF-CY: the example of the European Project IROMEC* (pp.545-552). Springer Berlin Heidelberg
- [39] Twelfth LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2014) "Excellence in Engineering To Enhance a Country's Productivity" July 22 - 24, 2014 Guayaquil, Ecuador
- [40] SALAZAR, Yeliza Andrea. "Aplicación robótica para realizar terapias en niños con autismo" Universidad Libre Cali, Valle del Cauca, Colombia
- [41] KOON, Ricardo; DE LA VEGA, María Eugenia. El impacto tecnológico en las personas con discapacidad. En *Conferencia presentada en el II Congreso Iberoamericano de Informática Educativa Especial, Córdoba*. 2000.
- [42] Lorenzo Lledó, Gonzalo. "Aportaciones en control visual de robots para entornos virtuales inmersivos: aplicación a la intervención educativa de alumnado con síndrome de Asperger." 25 de julio de 2014
- [43] YOLANDA, M.; MORALES, Eva Sotomayor. Dependency, Social Work, and Advanced Automation. En *The Robotics Divide*. Springer London, 2014. p. 137-155.
- [44] Fundación, O. N. C. E. "Discapnet, El portal de la discapacidad." *Fondo Europeo de Desarrollo Regional desarrollado por Technosite. España: Fundación ONCE* (2006).
- [45] Correa, Marisol Rodríguez, and Maria José Arroyo González. "Las TIC al servicio de la inclusión educativa." *Digital Education Review* 25 (2014): 108-126.
- [46] AIJU, Ceapat, ONCE y Asindown, "Juego, juguetes y discapacidad. La importancia del diseño universal". (2007)
- [47] Redaccion Onmeda, "Juguetes para niños con discapacidad" *portal de salud y medicina Onmeda.es*, 3 de diciembre de 2013
- [48] Herrero Rubio, Carmen. "La inclusión en el aula ordinaria de un alumno con discapacidad motora." (2014).
- [49] Tello Díaz, Julio, and José Ignacio Aguaded Gómez. "Desarrollo profesional docente ante los nuevos retos de las tecnologías de la información y comunicación en los centros docentes educativos." (2009).
- [50] González, Sara Monsalves. "Estudio sobre la utilidad de la robótica educativa desde la perspectiva del docente." *Revista de Pedagogía* 32.90 (2011): 81-117.

- [51] PATIÑO, Kathua PITTÍ. *“La robótica educativa como un entorno tecnológico que promueve el aprendizaje colaborativo”*: EN *Metodologías de aprendizaje colaborativo a través de las tecnologías*. Vol. 178. Ediciones Universidad de Salamanca, 2014.
- [52] González, Verónica; Perula-Martínez, Raúl; R.Cañadillas, Felix; A. Salichs, Miguel; Balaguer, Carlos. “Estado de la tecnología en robótica educativa para la educación secundaria” Universidad Carlos III de Madrid, (2015)
- [53] Sánchez, Flor Ángela Bravo, and Alejandro Forero Guzmán. "La robótica como un recurso para facilitar el aprendizaje y desarrollo de competencias generales." *Education in the Knowledge Society (EKS)* 13.2 (2012): 120-136.
- [54] Ramírez-Benavides, Kryscia, and Luis A. Guerrero. "MODEBOTS: Entorno de Programación de Robots para Niños con Edades entre 4-6 Años." *Versión Abierta Español–Portugués*: 139.
- [55] Satrústegui Plano, Eneko. "Aportación de los robots programables Bee-Bot en primaria." (2014).
- [56] García, Manuel Rus, Alberto Hernando Juanas, and Juan Rodríguez Hernández. "Introducción a la Impresión 3D." *Revista de plásticos modernos: Ciencia y tecnología de polímeros* 691 (2014): 13-15.
- [57] Universidad Carlos III de Madrid. Wiki del grupo de impresoras 3D Open-Source.
Online:http://asrob.uc3m.es/index.php/Impresora-3D_Open_Source (última consulta 10 de septiembre de 2015)